18. FEBRUAR 1927 HEFT 8

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Auf dem Wege zum elektrischen Fernkinematographen

Von

Ing. Berthold Freund.

Die neuesten Hilfsmittel der Funktechnik ermöglichen heute bereits eine solch weitgehende Steigerung der bildtelegraphischen Übertragungsgeschwindigkeit, daß die praktische Realisierung eines „elektrischen Fernkinematographen" in greifbare Nähe gerückt erscheint. Unter einem elektrischen Fernkinematographen verstehen wir hierbei eine Einrichtung, die einen am Sendeort ablaufenden kinematographischen Bildstreifen Bild für Bild mit solcher Geschwindigkeit auf photo-telegraphischem Wege zum Empfangsort überträgt, daß hier auf einem Projektionsschirm die eintreffende Bildfolge als kinematographisch bewegtes „Lebendes" Bild sichtbar wiedergegeben werden kann. In technischer Hinsicht besteht zwischen dem Gebiete der elektrischen Fernkinematographie und dem Gebiete des elektrischen Fernsehens eine enge Verwandtschaft, denn beide führen letzten Endes auf das bekannte Grundprinzip der elektrischen Phototelegraphie zurück.

Bereits in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts entstand der Gedanke, das Grundprinzip der punktweisen Bildübertragung und Bildwiedergabe zur Realisierung eines „elektrischen Fernsehers" zu benutzen. Ein Schema eines solchen Fernsehers, daß nur der Erläuterung des Grundprinzips dienen soll, ist in Abb. 1 dargestellt: 1 ist die fernsichtbar zu machende Szene, deren Bild durch das Objektiv 2 auf der Mattscheibe 3 entworfen wird. Vor der Mattscheibe rotiert eine sogenannte Nipkowsche Scheibe 4, die eine auf einer Spirallinie liegende Anzahl winziger Löcher a_1 a_2 a_3 usw. enthält, deren Abstände voneinander der Bildbreite entsprechen. Dadurch bewegt sich stets eines der Löcher vor der Mattscheibe vorbei, so daß durch das Loch hindurch ein dünner, nur von einem einzigen Bildelement herrührender Lichtstrahl 6 zur kleinen lichtempfindlichen Zelle 7 gelangt, und somit das Lichtrelais 11 des Empfängers zum stärkeren oder schwächeren Aufleuchten gebracht wird. Das vom Lichtrelais ausgehende Lichtbüschel fällt auf eine, mit der Scheibe 4 des Senders genau gleiche Scheibe 12, durch deren Löcher hindurch ein dünner Lichtstrahl 13 zum Wiedergabeschirm 14 gelangt. Indem nun die Scheibe 12 mit der Scheibe 4 des Senders vollkommen synchron umläuft, wird erreicht, daß durch den Lichtstrahl 13 das Bild auf dem Schirm 14 in dichten Zeilen punktweise wiedergegeben wird.

An und für sich war diese Anordnung ebenso grundeinfach wie die des elektrischen Bildtelegraphen selbst. Praktisch ergab sich jedoch so manche Schwierigkeit, die mit den technischen Hilfsmitteln der Vorkriegszeit nicht überwunden werden konnte. Zunächst war es die äußerst geringe Flächenhelligkeit der natürlichen Szenenbilder und die auch bei Benutzung sehr leistungsfähiger optischer Aufnahmeeinrichtungen nur geringe Ausnutzbarkeit der von jedem einzelnen Bildelement ausgehenden Lichtmenge, die zur Folge hatten, daß die in den lichtempfindlichen Tastzellen ausgelösten Ströme viel zu gering waren, um für eine praktische Fernübertragung in Frage zu kommen. Dazu kam noch als weitere Schwierigkeit die erforderliche außerordentlich hohe Übertragungsgeschwindigkeit von etwa 10 ganzen Bildern je Sekunde, um innerhalb der Trägheitsgrenze des menschlichen Auges noch den Eindruck zusammenhängender bewegter Bilder zu erhalten.

Über die Größenordnung dieser Leistung geben folgende Betrachtungen Aufschluß: Mit den besten K o r n schen Phototelegraphen konnten vor dem Kriege nur etwa 40 Bildpunkte je Sekunde übertragen werden. Das waren also in $^1/_{10}$ Sekunde vier Bildpunkte. Es hätte sich somit wohl die Möglichkeit ergeben, schon damals mit den einfachen Hilfsmitteln der Phototelegraphie „Bilder", bestehend aus nur vier Bildpunkten, fernsichtbar zu machen. Was sind aber vier Bildpunkte im Verhältnis zu der außerordentlich hohen, nach Tausenden und Zehntausenden zählenden Zahl von Bildpunkten, die zur Wiedergabe von normalen Bildern erforderlich sind[1]). Als Anhaltspunkte dienen hierzu die Abb. 2 bis 4, die deutlich zeigen, wie die erforderliche Bildpunktzahl mit zunehmendem Reichtum an Bildeinzelheiten wächst. Für das Fernsehen ist somit pro Sekunde die Übertragung von nicht weniger als 100 000 bis 2 Millionen Bildpunkte erforderlich, also tausendemal so viel, als noch vor dem Kriege mit den normalen Bildübertragungseinrichtungen geleistet werden konnte.

Allerdings gab es auch schon damals neben den praktisch verwendeten Einrichtungen eine Reihe sehr interessanter theoretischer Vorschläge zur Erzielung von beliebig hohen Übertragungsgeschwindigkeiten. Sie alle gipfelten darin, an Stelle der verwendeten trägheitsbehafteten Einrichtungen der Phototelegraphen, insbesondere an Stelle der trägen Selenzelle und der trägen Empfangsoszylographen, vollkommen trägheitslose Hilfsmittel zur Anwendung zu bringen, die der Übertragungsgeschwindigkeit praktisch keine Grenze setzen würden.

Bereits A y r t o n und P e r r y (1881) zogen für die Zwecke der Lichtsteuerung im Empfänger den magnetischen K e r r - effekt in Betracht, der in einer Drehung der Polarisationsebene des Lichtes bei Reflexion an magnetischen Spiegeln besteht. N i p k o w (1884) zog dagegen für den gleichen Zweck den sogenannten F a r a d a y - Effekt heran, der in einer Drehung der Polarisationsebene des Lichtes beim Durcheilen eines magnetischen Feldes besteht, während S u t t o n (1890) den sogenannten elektrischen K e r r - Effekt, der in einer optischen Doppelbrechung im elektrostatischen Felde besteht, nutzbar machen wollte. Die hier genannten magneto-optischen und elektro-optischen Vorgänge arbeiten tatsächlich absolut trägheitslos und schienen daher grundsätzlich geeignet, die erforderlichen sehr hohen Empfangsgeschwindigkeiten zu ermöglichen. In gleicher Weise schien auch für den Sender die von E l s t e r und G e i t e l entwickelte lichtelektrische Gaszelle, die auf der Auslösung von

[1]) Vgl. „Funk-Bastler", Jahr 1926, Heft 21, Seite 241.

Elektronen durch Licht beruht, und die, im Gegensatz zur Selenzelle, praktisch vollkommen trägheitslos war, zur ausreichend raschen Bildabtastung den gestellten hohen Anforderungen vollkommen gewachsen zu sein.

Aber all diesen genannten Einrichtungen haftete ein entscheidender Nachteil an, der sie zunächst von einer jeden Verwendung für die Zwecke der praktischen elektrischen Bildübertragung ausschloß. Dieser Nachteil war ihre außerordentlich hohe Unempfindlichkeit. Die in der lichtelektrischen Gaszelle bei Belichtung ausgelösten Stromregungen waren so unendlich schwach, daß sie auch nicht im entferntesten imstande waren, die obengenannten, an und für sich sehr unempfindlichen Empfangsgeräte, noch dazu über Fernleitungen, zu steuern, und außerdem waren auch die Fernleitungen selbst für die Übertragung einer sehr hohen sekundlichen elektrischen Impulszahl infolge ihrer Kapazität überhaupt nicht geeignet.

Es nahm daher nicht Wunder, daß man sich vielfach bemühte, auf Umwegen zu einer praktischen Lösung des Fernseh-Problems zu gelangen, und z. B. durch Anwendung einer außerordentlich hohen Anzahl von Selenzellen („Zellwand"), sowie von Übertragungsleitungen oder Frequenzen und ebenso von Empfangs-Lichtrelais die bestehenden Schwierigkeiten zu umgehen. Diese Bemühungen erwiesen sich aber als durchwegs abwegig und aussichtslos, da sie zu praktisch gänzlich ungeeigneten und undurchführbaren Konstruktionen führen.

Erst durch die Entwicklung der modernen Hilfsmittel der Funktechnik während und nach dem Kriege, vor allem durch die Elektronenröhren und die ganz kurzen elektrischen Wellen, erschlossen sich auch dem Gebiete des elektrischen Fernsehens neue unvorhergesehene praktische Möglichkeiten. Durch die Elektronen-Verstärkerröhren wurde nämlich nunmehr die Möglichkeit eröffnet, auch jene außerordentlich schwachen elektrischen Ströme, die z. B. von der lichtelektrischen Gaszelle oder einer Funkempfangsstation geliefert werden, proportional und trägheitslos auf das für die Fernübertragung bzw. für die Bildpunktwiedergabe erforderliche Maß zu verstärken. Andererseits ermöglichten die kurzen elektrischen Wellen die Bewerkstelligung auch der eigentlichen Fernübertragung gleichfalls mit ausreichend hoher Geschwindigkeit. In den bekannten bedeutenden Erfolgen der elektrischen Bildtelegraphie der letzten Zeit wirkten sich diese neuen technischen Möglichkeiten bereits in wertvoller Weise praktisch aus. Aber auch für das elektrische Fernsehen waren hierdurch zwei der hauptsächlichsten Hindernisse, die der Entwicklung des Gebietes im Wege standen, grundsätzlich überwunden.

Es setzte nunmehr auch tatsächlich eine rapide Entwicklung des Gebietes des elektrischen Fernsehens ein, und aus der Synthese der alten Konstruktionsvorschläge und der neuen elektrischen Hilfsmittel ergaben sich wichtige neue Möglichkeiten. So entstanden die neuen Fernseherkonstruktionen von v. Mihàly, Baird, Jenkins, Dr. Karolus und anderen, die in letzter Zeit vielfach besprochen wurden. So optimistisch aber auch viele Ausführungen gehalten waren, und so sehr sich nunmehr auch unzweifelhaft die Möglichkeiten zur praktischen Realisierung des elektrischen Fernsehens wesentlich erweitert hatten, so waren doch viele der Veröffentlichungen nur mit großer Vorsicht zu bewerten. Immerhin mußte erst abgewartet werden, in welcher Weise sich die Weiterentwicklung und die technische Vervollkommnung derselben gestalten wird. Soweit die Einzelheiten der betreffenden Projekte bisher bekanntgeworden sind, läßt sich ihr praktischer Wert auch bereits übersehen. Nicht alle Hilfsmittel der neuen Anordnungen erwiesen sich als den gewaltigen Anforderungen, z. B. in bezug auf die Übertragungsgeschwindigkeit, gewachsen. So sind z. B. das als besonders empfindliches Spiegelgalvanometer ausgeführte Empfangs-Lichtrelais von Mihàly, die mit einer besonderen Glühlampe arbeitende Empfangseinrichtung von Jenkins u. a. trotz interessanter und geistreicher Konstruktionseinzelheiten infolge der ihnen noch anhaftenden Trägheit noch nicht als ausreichend anzusehen. Andere Einrichtungen stellen dagegen bereits durchaus brauchbare Hilfsmittel dar. So sind beispielsweise die Anordnungen von Jenkins und Baird in optischer Hinsicht insofern vorteilhaft, als sie sehr lichtstark sind, wobei allerdings auch noch mancher Nachteil in mechanischer und zum Teil auch noch in optischer Hinsicht vorhanden ist. Die Einrichtung von Dr. Karolus zeichnet sich nun besonders durch die absolute Trägheitslosigkeit der Empfangseinrichtung aus, so daß sie sowohl auf der Sendeseite wie auch auf der Empfangsseite absolut trägheitslos arbeitet. Sie ist somit geeignet, auch die höchsten Geschwindigkeiten zu bewältigen. Durch die Zusammenarbeit mit der Telefunkengesellschaft fanden die Einrichtungen von Karolus in technischer, besonders in hochfrequenztechnischer Hinsicht, wertvolle Ergänzungen, so daß die Anordnung von Karolus-Telefunken heute der praktischen Lösung des Problems wohl am nächsten kommt.

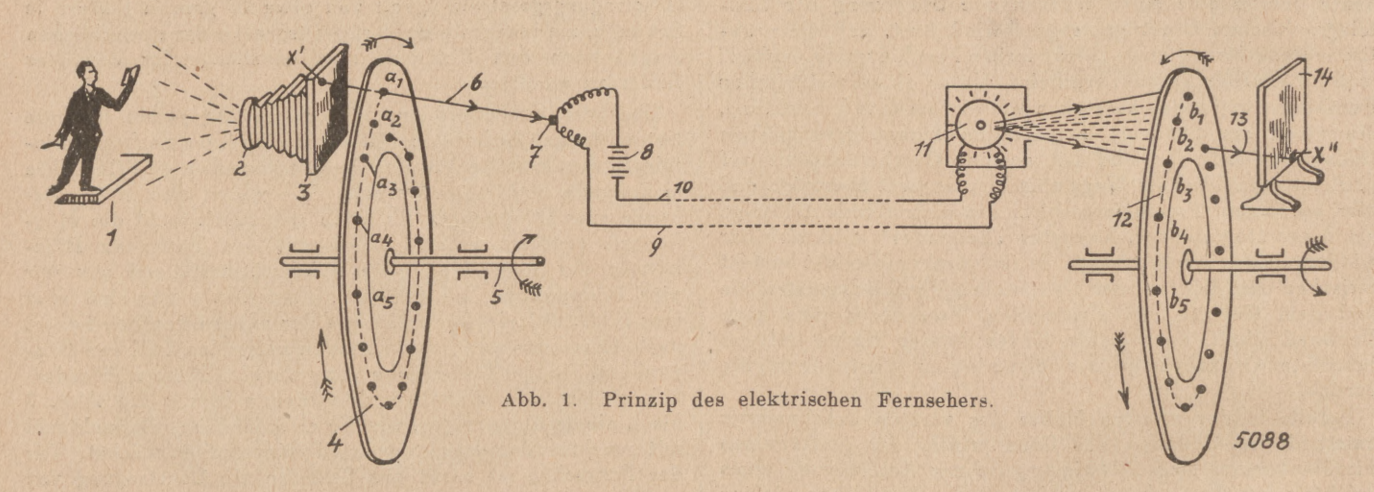


Abb. 1. Prinzip des elektrischen Fernsehers.

Aus den verschiedenen bereits vorhandenen Elementen ergeben sich nun für die weitere Entwicklung sehr wichtige praktische Möglichkeiten. Aber noch sind nicht alle Schwierigkeiten überwunden. Es macht heute besonders auch noch Schwierigkeit, elektrische Stromveränderungen, die innerhalb der sehr weiten Grenzen, und zwar von Null bis Hunderttausend oder gar bis mehrere Hunderttausend von Frequenzen je Sekunde schwanken, in quantitativ richtigem, und in einem für die Bildübertragung ausreichendem Maße zu verstärken. Andererseits erwachsen auch aus der im Verhältnis zur Bildtelegraphie relativ außerordentlich geringen Flächenhelligkeit der zu übertragenden natürlichen Szenenbilder und der relativ ungünstigen optischen Bedingungen beim Fernsehen sehr erhebliche Schwierigkeiten der

Stromverstärkung. Zur Überwindung all dieser Schwierigkeiten wird noch einige Entwicklungsarbeit geleistet werden müssen. Es ist jedoch zu hoffen, daß die von mehreren Seiten in Angriff genommenen Arbeiten zu einem baldigen Erfolg führen werden.

schwachen Bildes ein von einer sehr kräftigen Lichtquelle intensiv durchleuchteter Filmbildstreifen zur Übertragung gelangt, kann die verwendete Punktlichtstärke ebenso wie beim gewöhnlichen Phototelegraphen sehr groß gewählt und auf diese Weise der erforderliche Verstärkungsgrad etwa auf

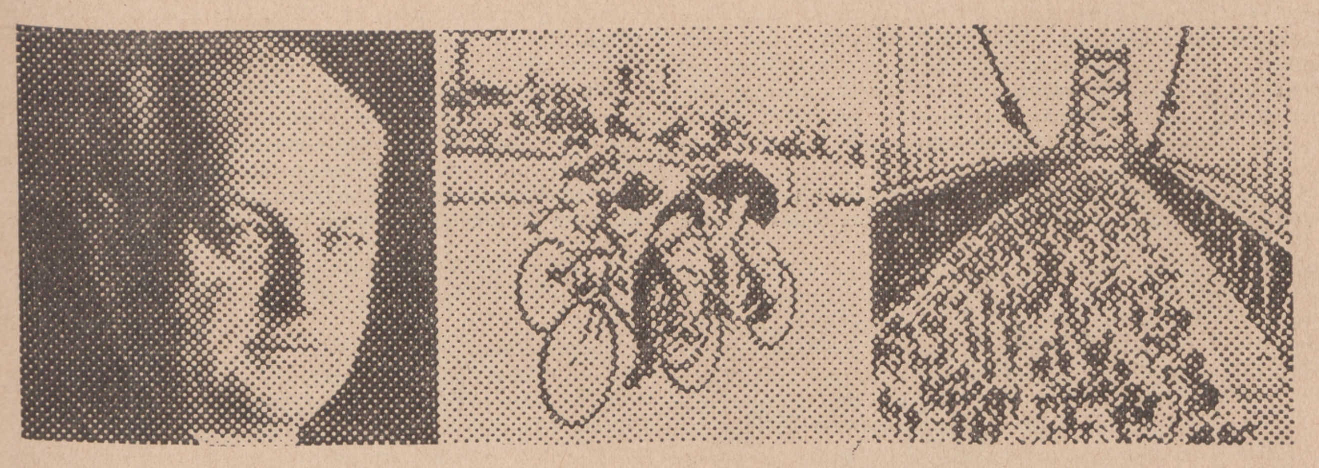


Abb. 2. Drei Bilder von verschiedenem Detailreichtum: Links: Porträt; Mitte: einfaches Szenenbild; Rechts: komplizierteres Szenenbild. Jedes Einzelbild besteht aus etwa 3500 Bildpunkten.

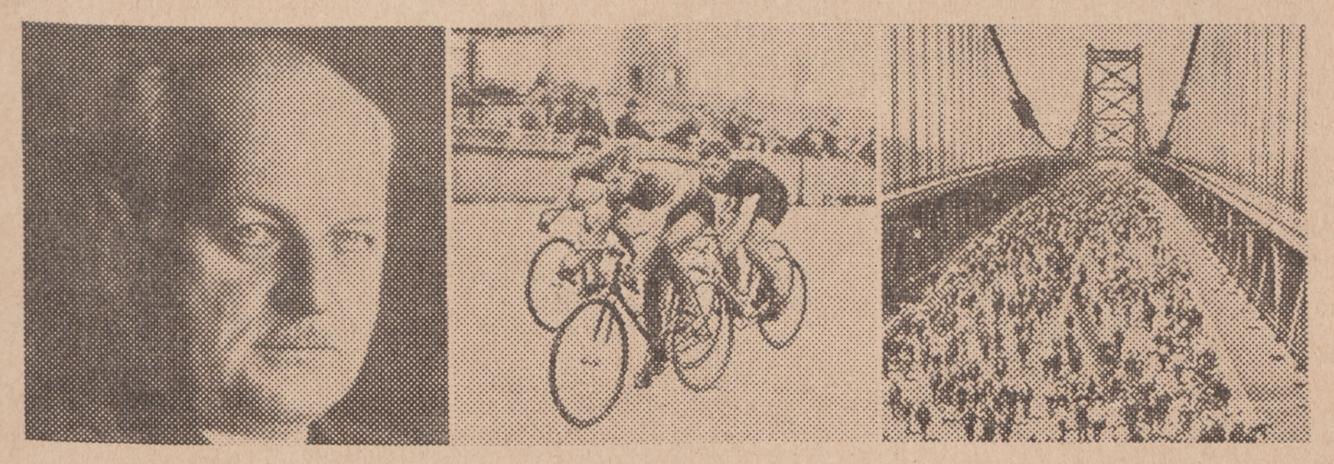


Abb. 3. Drei Bilder von verschiedenem Detailreichtum: Links: Porträt; Mitte: einfaches Szenenbild; Rechts: komplizierteres Szenenbild. Jedes Einzelbild besteht aus etwa 10 000 Bildpunkten.

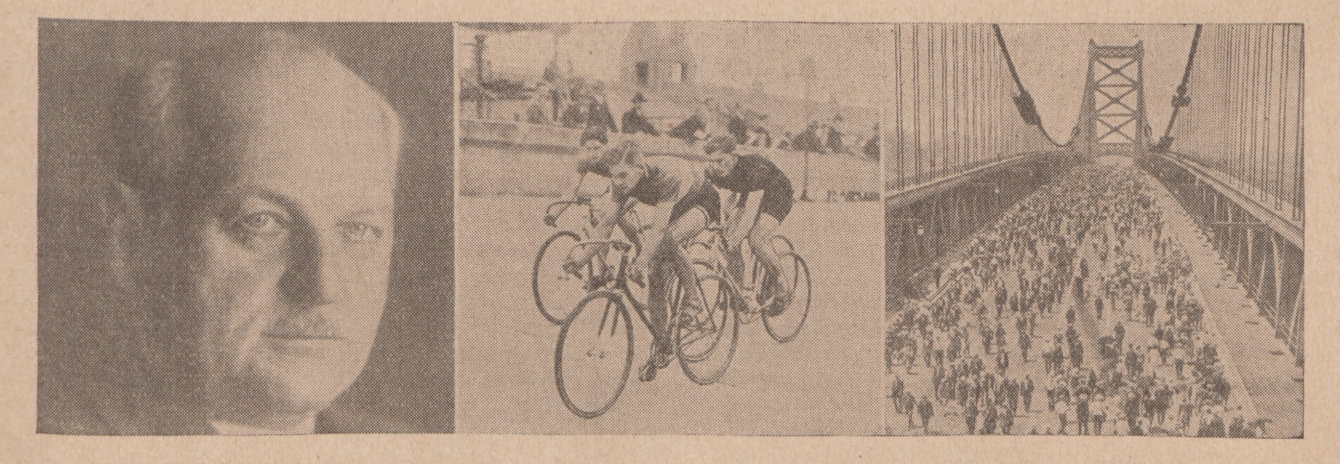


Abb. 4. Drei Bilder von verschiedenem Detailreichtum: Links: Porträt; Mitte: einfaches Szenenbild; Rechts: komplizierteres Szenenbild. Jedes Einzelbild besteht aus etwa 20 000 Bildpunkten.

Gerade die letztgenannte Schwierigkeit, die sich aus der übergroßen Lichtschwäche der zu übertragenden Szenenbilder ergibt, hat nun dazu geführt, nach einem geeigneten Ausweg zu suchen: und so wurde das Gebiet der elektrischen Fernkinematographie aufgegriffen. Da nämlich bei diesem an Stelle des z. B. auf einer Mattscheibe entworfenen lichtden der gewöhnlichen Phototelegraphie herabgesetzt werden.

Der elektrische Fernkinematograph steht somit der Verwirklichung wesentlich näher, als der elektrische Fernseher und wird ihm wohl auch zunächst vorausgehen.

Das Konstruktionsprinzip des elektrischen Fernkinematographen ist folgendes: Am Sendeort wird ein ablaufender

Kinobildstreifen mit konzentriertem Lichte kräftig durchleuchtet und durch eine mit ausreichender Geschwindigkeit arbeitende Bildabtasteinrichtung punktweise abgetastet. Die Geschwindigkeit muß hierbei so groß gewählt werden, daß mindestens etwa 10 Einzelbilder des Filmstreifens je Sekunde zur Abtastung gelangen und übertragen werden. Am Empfangsort werden die sehr schnell aufeinanderfolgenden Bildpunkte durch eine entsprechende Empfangseinrichtung, die ganz dem normalen Empfänger eines Fernsehapparates entspricht, auf eine Projektionsfläche sichtbar projiziert, wo sie in ihrer Gesamtheit das kinematographisch bewegte Bild wiedergeben.

Als Beispiel eines Sendeapparates für einen praktischen elektrischen Fernkinematographen ist in Abb. 5 das Schema

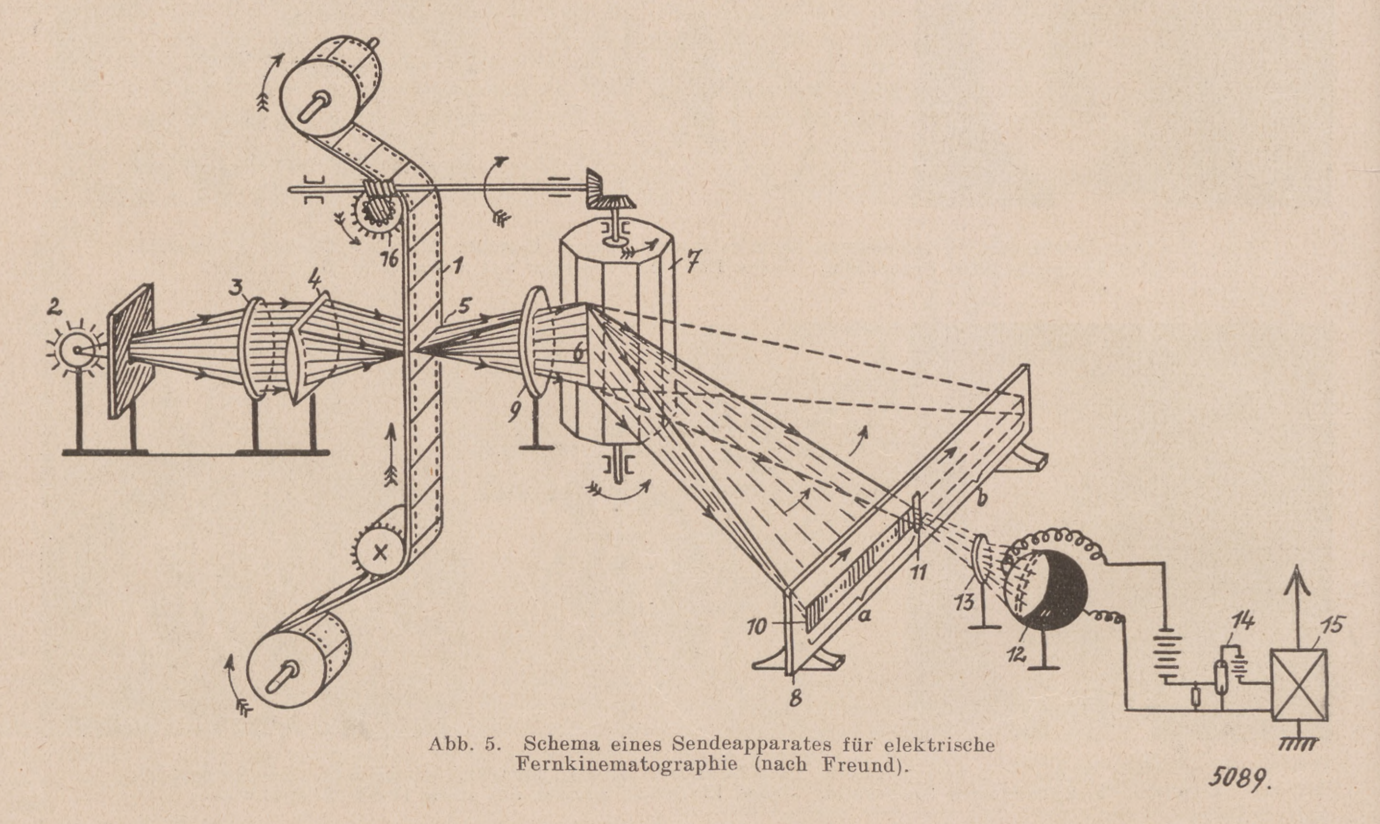


Abb. 5. Schema eines Sendeapparates für elektrische Fernkinematographie (nach Freund).

einer Einrichtung dargestellt, der ein Entwurf des Verfassers zugrunde liegt. Es können naturgemäß aber auch ganz andere Einrichtungen verwendet werden. In Abb. 5 ist 1 das fernsichtbar zu machende Filmbild, daß mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegt wird. Mittels einer kräftigen punktförmigen Lichtquelle 2 und eines optischen Systems, bestehend aus der Kondensorlinse 3 und der Zylinderlinse 4, wird ein besonders geformtes Lichtbüschel erzeugt, das das Filmband in einer dünnen wagerechten Lichtlinie 5 durchsetzt und in der schmalen senkrechten Lichtlinie 6 auf ein umlaufendes Zerlegungsprisma 7 auftrifft. Vom Prisma 7 werden die Lichtstrahlen nach dem Schirm 8 reflektiert, wobei mittels eines vor dem Prisma in den Strahlengang gebrachten Objektivs 9 ein scharfes Abbild 10 des vom Licht durchleuchteten Filmabschnitts 5 (der einer einzelnen Bildzeile entsprechen kann) am Schirm 8 erzeugt wird. Durch die Drehung des vielseitigen Spiegelprismas 7 wird nun erreicht, daß das Abbild 10 der Bildzeile durch jeden einzelnen Prismenspiegel von **a** nach **b** bewegt wird, um dann wieder nach **a** zurückzuspringen. Durch die kleine Öffnung (Schlitz) 11 im Schirm 8 gelangt nun das je einem Bildpunkt entsprechende Licht zur Tastzelle 12, wobei vor der Zelle auch noch eine Zerstreuungslinse 13 angeordnet sein kann. Indem nun das Zeilenbild 10 von **a** nach **b** bewegt wird, gelangen der Reihe nach die Lichtstrahlen aller Bildelemente einer Zeile zur Zelle 12 und die an der Zelle ausgelösten elektrischen Stromwerte werden von dieser über die Verstärkeranordnung 14 dem Sender 15 zugeführt. Da nun die Bewegung des Prismas mit dem Antrieb des Filmbandes mittels des Getriebes 16 so gekuppelt ist, daß der Drehung des Prismas um je eine Spiegelbreite die Fortbewegung des Films um eine Bildzeile entspricht, wird erreicht, daß sämtliche Bildzeilen des Films nacheinander abgetastet und fernübertragen werden.

Als Empfangsapparat kann hierzu jeder beliebige Fernseherempfänger verwendet werden. Allerdings muß dieser mit einer solchen Bildzusammensetzungseinrichtung versehen sein, die mit der Bildzerlegungseinrichtung des Senders in ihrer geometrischen Wirkungsweise übereinstimmt, da sonst störende Verzerrungen des am Empfangsort wiedergegebenen Bildes entstehen würden. Abb. 6 zeigt z. B. eine Empfangsanordnung, die mit dem Sender der Abb. 5 ohne weiteres zusammenarbeiten kann. In der Abb. 6 ist 1 der drahtlose Empfangsapparat, der die aufgefangenen Impulse über eine Verstärkeranordnung 2 dem Empfangslichtrelais 3 zuführt. Dieses kann z. B. zweckmäßigerweise aus einer Kerr-Effektlampe Karolusscher Bauart bestehen, die entsprechend den Intensitäten der ankommenden elektrischen Impulse eine vollkommen trägheitslose Veränderung der Intensität der auf den Schirm 12 fallenden punktförmig konzentrierten Lichtstrahlen bewirkt. Der Lichtfleck 11 verändert dadurch seine Helligkeit mit der Intensität der ankommenden Impulse. Dieser Lichtfleck muß nun in dicht nebeneinanderliegenden Zeilen über die ganze Fläche 12 geführt werden, so daß das Bild punktweise in der gleichen Art wiedergegeben wird, in der es am Sender abgetastet wurde. Zu diesem Zweck ist ein rotierendes Prisma 13 vorgesehen, das dem Prisma 7 der Sendeseite genau entspricht und mit diesem vollkommen synchron umläuft. Durch dieses Prisma wird nun der Lichtfleck 11 in der Richtung der Zeile über den Projektionsschirm geführt. Gleichzeitig ist aber auch ein Spiegel 14 vorgesehen, der um die Achse 16 schwingbar angeordnet ist und durch die unrunde Scheibe 15 so bewegt wird, daß der Lichtfleck 11 von oben nach unten (also von 11 nach 11') gelangt, wenn die Scheibe 15 eine ganze Umdrehung vollführt, um dann wieder nach oben zurückzuspringen. Wenn

nun die Scheibe 15 derart umläuft, daß sie gerade eine Umdrehung vollführt, während am Sender ein einzelnes Bild abgetastet wird, so überlagern sich am Schirm 12 die erscheinenden Bilder und ergeben für das Auge das gewünschte zusammenhängende kinematographisch bewegte Szenenbild.

Von besonderer Wichtigkeit ist hierbei (wie auch bei jedem Fernseher) der genaue Synchronismus zwischen Empfänger und Sender. Dieser kann auf verschiedene Weise erreicht werden. So z. B. durch Anwendung von genau abstimmbaren, außerordentlich präzisen und konstanten Antriebseinrichtungen, wie sie auch von Telefunken verwendet werden, oder durch Verwendung einer sowohl dem Senderwie auch den Empfängerantrieb steuernden besonderen drahtlosen Hilfswelle, wie sie Pertersen vorschlug und dergleichen. Tatsächlich können die Schwierigkeiten der Synchronisierung heute im Prinzip als überwunden betrachtet werden.

Die im vorstehenden beschriebenen fernkinematographischen Einrichtungen können technisch auch in verschiedener Weise abgeändert werden. Insbesondere können z. B. an Stelle der rotierenden Prismen auch umlaufende Linsenscheiben ähnlich wie sie bereits von Brillouin

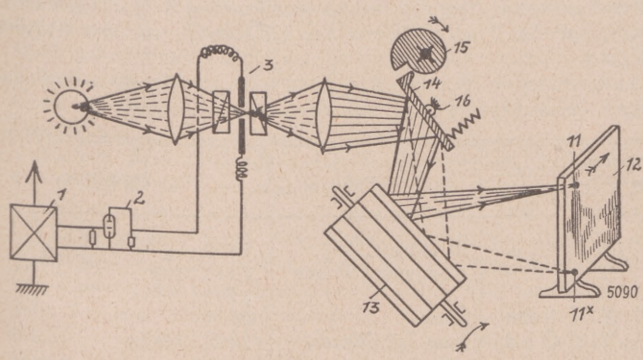


Abb. 6. Schema eines Empfangsapparates für elektrische Fernkinematographie.

(1891) vorgeschlagen wurden und gegenwärtig auch beim Jenkinschen Fernseher Verwendung finden, benutzt werden, u. a. m. Wir werden binnen kurzem somit tatsächlich in der Lage sein, mit relativ einfachen technischen Mitteln fernkinematographische Übertragungen einfacher Bilder vorzunehmen.

Es bleibt allerdings noch die Frage offen, bis zu welcher Feinheit der Bilder man bei diesen Übertragungen wird gelangen können. Es ist nämlich anzunehmen, daß die mit zunehmender Bildpunktzahl gleichfalls wachsenden Schwierigkeiten insbesondere in elektrischer und verstärkungstechnischer, aber auch in mechanischer Hinsicht immerhin eine gewisse obere Grenze der Leistungsfähigkeit bedingen werden, die zu Überschreiten mit den beschriebenen einfachen Mitteln nicht leicht möglich sein wird. Vorläufig wird man sich zwar mit der Übertragung von durchaus einfachen Bildern, die nur aus einigen tausend Bildelementen bestehen, begnügen. Es kann auch wohl damit gerechnet werden, daß nach Überwindung einiger noch bestehender Schwierigkeiten auch einfache Szenenbilder mit ausreichender Güte wiedergegeben werden dürften, wofür gemäß obigen Angaben bereits hunderttausend und eventuell mehr Bildpunkte pro Sekunde erforderlich sind. Dabei wird sich allerdings die Notwendigkeit ergeben, für die besonderen Zwecke der elektrischen Fernkinematographie auch besondere, möglichst einfache Filmbildaufnahmen herzustellen, die sich auf einfache Szenen und dergl. beschränken. Sofern aber darüber hinaus der Wunsch entsteht, auch normale sehr detailreiche Kinobilder von beliebigem Inhalte und somit auch von außerordentlich hohem Reichtum an Einzelheiten gleichfalls noch mit solcher Güte fernkinematographisch zu übertragen, daß die Einzelheiten des Bildes noch mit ausreichender Deutlichkeit sichtbar werden (wozu bereits eine bis zwei Millionen Bildpunkte je Sekunde erforderlich sind), werden dann auch noch andere technische Hilfsmittel und Anordnungen herangezogen und eine weitere Ausgestaltung der Apparate erfolgen müssen. Solche Anordnungen stehen uns tatsächlich bereits zur Verfügung. Sie laufen theoretisch auf die Anwendung einer mäßigen Vielheit von Sende- und Empfangseinrichtungen hinaus, was sich aber praktisch in besonderer Weise mit sehr einfachen technischen Mitteln lösen läßt.

Die Flamme als Polsucher oder Galvanoskop.

Wenig bekannt sind die von mir bereits vor etwa 16 Jahren gemachten Beobachtungen, nach denen sich Flammen vorzüglich als elektrische Hilfsapparate eignen. Ich habe hierüber seinerzeit vor dem Verein Deutscher Elektrotechniker im Oktober 1913 einen Experimentalvortrag gehalten, eingehende Mitteilungen auch an anderer Stelle[1]) veröffentlicht.

Am einfachsten ist die Verwendung einer Flamme als Polsucher. Hält man in eine gewöhnliche Kerzenflamme die beiden (abisolierten) Enden einer Starkstromleitung, so scheidet sich, falls es sich um Gleichstrom handelt und die Leitung unter Spannung steht, am —Pol eine ständig wachsende Menge Ruß ab. Die Drähte sind dabei so zu halten, daß sie sich übereinander befinden und etwa 5 bis 7 mm Abstand voneinander haben; auch soll der untere Draht gerade über dem heißen Flammenkegel sich befinden, also im leuchtenden, rußhaltigen Teil der Flamme.

Bei Wechselstrom scheidet sich Ruß an beiden Polen ab und schwingt außerdem in der Frequenz des erregenden Wechselstroms. Durch ein Mikroskop beobachtet oder mit dem Stroboskop betrachtet, macht die Erscheinung einen hübschen Eindruck.

Auch als Galvanoskop läßt sich diese Flamme verwenden, da Ein- und Ausschalten des Stromes Formänderungen der Flamme (Zucken) bewirkt (Detektor).

In vielen Fällen, wenn weder Wasser noch Polpapier usw. zur Verfügung stehen, läßt sich dieses einfache Mittel leicht verwerten. *Dr. B. Thieme.*

*

Rundfunkanfänge in China. Der Entwicklung des Rundfunks in China stehen die den neuzeitlichen Verhältnissen auf dem Funkgebiet noch nicht angepaßten, sehr strengen Regierungsvorschriften entgegen. Trotzdem haben — wie uns aus Shanghai berichtet wird — in den letzten beiden Jahren in Shanghai insgesamt etwa 700 Personen sich Empfangsgeräte beschafft und in Betrieb genommen. Sie hören im allgemeinen das Programm der von einer amerikanischen Gesellschaft eingerichteten Sendestelle Krc in Shanghai, die im allgemeinen je sechs Stunden amerikanische und chinesische Darbietungen verbreitet; vielfach werden auch japanische Sender aufgenommen.

*

Achtet auf den Kurzwellensender RD 1. Der argentinische Kurzwellensender RD 1, der eine Sendeenergie von 3 kW besitzt, macht täglich von 12 bis 12.15 Uhr und 1 bis 1.15 Uhr nacht (M. E. Z.) Versuche. Die Wellenlänge beträgt 20 bis 25 m. Die Morsetelegramme werden in spanischer und englischer Sprache gegeben. Nach jeder Sendung wird auf Empfang im 20 bis 40 m-Wellenbereich umgeschaltet. Der Sender meldet sich mit cqRD 1. Empfangsergebnisse sind an Ing. Ernesto Stricker, Mar del Plata (Argentinien), zu richten.

---

[1]) B. Thieme: Zeitschr. f. phys. Chemie 1912, 490—499; Elektrotechn. Rundschau 1912, 240; Elektrotechn. Zeitschr. 1913, 592; Physikal. Zeitschr. 1916 259/60, u. a. m.

Die Normalwellen von Königswusterhausen

Die ständig zunehmende Verdichtung des Funkverkehrs und die hierdurch bedingte enge Wellenverteilung machen es erforderlich, daß zur reibungslosen Abwicklung des Verkehrs regelmäßige Funkabstimmungen vorgenommen werden. Zu diesem Zwecke werden von der Hauptfunkstelle Königswusterhausen monatlich einmal zur Abstimmung der Sender sowie der Empfangsgeräte Normalwellen verbreitet.

Die Aussendungen finden am 10., 11. und 12. jedes Monats statt, und zwar nach folgendem Plan:

Vormittags	Kennbuchstabe (Morsezeichen)	1. Tag	2. Tag	3. Tag
		auf Welle		
8.00— 8.05	C (— • — •)	600	1150	1775
8.15— 8.20	G (— — •)	660	1175	1800
8.30— 8.35	J (• — — —)	700	1200	1945
8.45— 8.50	K (— • —)	720	1250	2100
9.00— 9.05	O (— — —)	750	1400	2300
9.15— 9.20	P (• — — •)	800	1450	2400
9.30— 9.35	X (— • • —)	900	1550	2750
9.45— 9.50	Y (— • — —)	1000	1650	2790
10.00—10.05	Z (— — • •)	1100	1500	3000

Zu den vorstehend aufgeführten Zeiten wird der angegebene Kennbuchstabe auf der betreffenden Wellenlänge abgegeben. Die Wellenlängen werden bei der Hauptfunkstelle Königswusterhausen nach einem Präzisionswellenmesser eingestellt. Tritt während des Aussendens der einzelnen Wellen eine Störung ein, so werden die hierdurch ausfallenden Wellen zum Schluß (also nach Aussendung der Welle 1100 bzw. 1500 bzw. 3000 m) noch einmal gesandt. Das Programm gibt die Hauptfunkstelle Königswusterhausen dann nach dem Aussenden der letzten Welle bekannt. Fällt einer der für die Abstimmung vorgesehenen Tage — also der 10., 11. oder 12. des Monats — auf einen Sonntag oder auf einen allgemeinen Feiertag, so verschiebt sich das Programm des betreffenden Monats von diesem Tage ab um einen Tag.

*

Auch England sendet Normalwellen.

Zur Eichung von Wellenmessern und Einstellung von Funkempfangsgeräten verbreitet das englische „National Physical Laboratory" zweimal monatlich auf kürzeren und längeren Wellen Abstimmzeichen, und zwar am ersten und dritten Dienstag jedes Monats zwischen 4 und 5 Uhr nachm., unter Angabe seines Rufzeichens: 5 h w. Der Anruf „an Alle" (c q) erfolgt um 3.56 Uhr nachm. auf Welle 1500 m.

Die erste Aussendung (am ersten Dienstag des Monats) umfaßt kürzere Wellen aus dem Bereich zwischen 300 und 1200 m, sie wickelt sich nach folgendem Plan ab:

Abgabezeit (M. E. Z.)	Kennbuchstabe	Wellenlänge in m	Frequenz in kHertz
4.00—4.04	N 1	312,5	960
4.08—4.12	N 2	357,1	840
4.16—4.20	N 3	428,6	700
4.24—4.28	N 4	518,2	580
4.32—4.36	N 5	600	500
4.40—4.44	N 6	836,1	360
4.48—4.52	N 7	1000	300
4.56—5.00	N 8	1153	260

Zur Abstimmung wird zu der vorstehend angegebenen Zeit auf der betreffenden Welle dreimal der Kennbuchstabe abgegeben, daran anschließend vier Striche von je 40 Sekunden Dauer, dann tritt bis zur Aussendung auf der nächsten Welle eine Pause von 4 Minuten ein.

Die zweite Aussendung (am dritten Dienstag des Monats) umfaßt längere Wellen aus dem Bereich von 1500 bis 10 000 m. Sie wickelt sich hinsichtlich der Zeiten und der Abgabeart genau so ab wie die erste Aussendung, nur werden hier die Kennbuchstaben M 1 bis M 8 verwendet, und zwar

Kennbuchstabe	Wellenlänge	Frequenz in kHertz	Kennbuchstabe	Wellenlänge	Frequenz in kHertz
M 1	1500	200	M 5	4543	66
M 2	1875	160	M 6	5996	50
M 3	2607	115	M 7	7496	40
M 4	3486	86	M 8	9994	30

*

Kurzwellensendungen meteorologischen Inhalts.

In den letzten Monaten sind eine Reihe von Ländern dazu übergegangen, meteorologische Beobachtungen auf kurzen Wellen zu verbreiten. Zum Teil wird dabei das Verfahren der Paralleltastung von langen und kurzen Wellen verwandt, z. B. bei den Funksprüchen des Eiffelturms und der Station Rom.

Die folgende Tabelle gibt die Funksprüche der einzelnen, nach ihrer Wellenlänge geordneten Sendestellen an:

Wellenlänge m	Rufzeichen	Name	Sendezeiten
26	F a m j	Jeanne d'Arc	0300, 0815, 1615, 2045
31	F t j	Jacques Cartier	0340, 0540, 0715, 1110, 1840, 2115, 2320
32	I d o	Rom	2050
33	O c d j	Issy les Moulineaux	1045, 2350
36	O c r b	Rabat (Marokko)	0850, 1710, 2310
41	S m h a	Stockholm	0802, 0925, 1125, 1200, 1600
43	L a 1 e	Bergen	0802, 1108, 1200, 1230, 1535, 1615
45	L a 1 m	Oslo	1035, 1215, 1540
50	O c t u	Tunis Casbah	2200
58	O c b y	B irut (Syrien)	2230
60	F a m j	Jeanne d'Arc	0300, 0815, 1615, 2045
75	F l	Eiffel Paris	0520, 0940, 1700, 2350
75	F t j	Jacques Cartier	0340, 0540, 0715, 1110, 1840, 2115, 2320

Über die beiden Sendestellen Jacques Cartier und Jeanne d'Arc noch ein paar Worte: es handelt sich um zwei Schiffe, die mit Kurzwellensende-Einrichtung versehen sind. Der Jacques Cartier im besonderen ist ein französisches Forschungsschiff, das gelegentlich seiner Bereisung des Atlantischen Ozeans Beobachtungen von Schiffen sammelt und diese zusammen mit der eigenen Beobachtung nach Frankreich meldet. *Dr. K. Lindenberg, Kr. Beeskow.*

*

Eine Funkausstellung in Toulouse. Die Funkindustrie Südwestfrankreichs veranstaltet vom 26. Februar bis zum 13. März eine Funkausstellung in Toulouse. Während dieser Zeit sollen durch die beiden in Toulouse vorhandenen Rundfunksender besondere Darbietungen verbreitet werden. Der eine Sender besitzt eine Leistung von 3 kW, er wird von der Gesellschaft „La Radiophonie du Midi" betrieben und arbeitet auf Welle 389,6 m, die Erhöhung der Leistung auf 5 kW ist in Aussicht genommen. Der andere Sender, der der französischen Post- und Telegraphenverwaltung gehört, hat nur eine Leistung von 500 Watt, er verbreitet als Zwischensender die Darbietungen der Pariser Post- und Telegraphenschule auf Welle 260 m.

Die Silberne Heinrich-Hertz-Medaille 1927

Die Bedingungen des Wettbewerbs. — Geldpreise von 1000 RM. — Einsendungsschluß 1. Juli 1927.

Die Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens E. V. gibt jetzt die Bedingungen zur Bewerbung um die Silberne Heinrich-Hertz-Medaille für 1927 bekannt. Mit der Ausschreibung werden diesmal Geldpreise in der Gesamthöhe von 1000 RM. verbunden. Das mit der Medaille ausgezeichnete Gerät erhält einen Geldpreis von mindestens 250 RM.; dieser Betrag kann bis zur Gesamthöhe von 1000 RM. erhöht werden, wenn das preisgekrönte Gerät alle übrigen eingereichten Geräte weit überragt. Andernfalls können Geräte, die nicht mit der Medaille ausgezeichnet worden sind, mit Geldpreisen bedacht werden. Geldpreise können auch dann verteilt werden, wenn die Medaille nicht verliehen wird.

Für die Verteilung der Geldpreise ist das Urteil des Prüfungsausschusses maßgebend, der auch den Vorschlag für die Verleihung der Medaille macht (§ 2 der Satzung).

Der Prüfungsausschuß hat zur Zeit folgende Zusammensetzung: Abteilungsdirektor Dr. Harbich (Vorsitzender), Prof. Dr. E. Giebe (Physikalisch-Technische Reichsanstalt), Prof. Dr. G. Leithäuser (Telegraphentechnisches Reichsamt), ein Vertreter des Deutschen Funktechnischen Verbandes, ein Vertreter der Arbeiter-Radioklubs Deutschlands, ein Vertreter des Verbandes der Funkindustrie.

Die von dem Prüfungsausschuß aufgestellten Bedingungen, die übrigens in allen wesentlichen Punkten mit denen des Vorjahres übereinstimmen, werden diesmal frühzeitig bekanntgegeben, damit den Funkfreunden, die sich um die Medaille bewerben wollen, reichlich Zeit zur Ausarbeitung und Prüfung der Geräte zu Gebote steht. Das ist notwendig, weil für die hohe Auszeichnung mit der Heinrich-Hertz-Medaille nur wirklich hervorragende Leistungen in Betracht gezogen werden können. Es ist dem Prüfungsausschuß bisher leider nicht möglich gewesen, die Auszeichnung durch die Silberne Medaille vorzuschlagen. Die besten der in den Vorjahren eingereichten Geräte wiesen recht gute Durchschnittsleistungen auf; sie konnten Geldpreise erhalten, zur Auszeichnung mit der Medaille kamen sie aber nach dem Urteil des Prüfungsausschusses nicht in Frage.

Zum Nutzen derer, die sich diesmal um die Medaille bewerben wollen, seien nach den Erfahrungen der Vorjahre einige Gesichtspunkte mitgeteilt, deren Beachtung empfohlen wird.

Originelle Gedanken, die in der Schaltung des Gerätes oder in der Anordnung oder Ausführung der Einzelteile zum Ausdruck kommen, werden, sofern durch ihre Anwendung die Leistung des Gerätes erhöht wird, selbstverständlich entsprechend bewertet. Doch sind derartige Neuerungen durchaus nicht Voraussetzung für die Verleihung der Medaille; diese kann vielmehr auch einem Gerät zuerkannt werden, das mit an sich wohlbekannten Schaltungen und Einzelteilen durch eine zweckmäßige Bemessung und Anordnung der Teile Leistungen erzielt, die den Durchschnitt weit überragen. Wenn in den nachstehenden „Bedingungen" gesagt wird, daß die Empfindlichkeit des Geräts durch Vergleich mit einem marktgängigen guten Vierröhrengerät geprüft wird, so bezieht sich diese Angabe nur auf das Prüfverfahren; selbstverständlich muß ein Gerät, das mit der Silbernen Medaille ausgezeichnet werden soll, mehr leisten als die gewöhnliche Handelsware. Gerade in dieser Richtung bietet sich dem Funkbastler ein dankbares Feld der Betätigung. Wer sich mit liebevoller Sorgfalt in eine Empfangsanordnung vertieft, wird überrascht sein, wie viel sich durch gewissenhafte Kleinarbeit noch herausholen läßt. Der Prüfungsausschuß wird Leistungen, die auf einer derartigen systematischen Arbeit beruhen, besonders bewerten.

Vollkommen zwecklos wären Bewerbungen mit Empfangsgeräten, die mit groben Fehlern behaftet sind. Als solche wurden bei den früheren Prüfungen u. a. folgende festgestellt: Mangelhafte Selektivität, gekennzeichnet durch den Empfang des Ortssenders in dem ganzen Bereich der Abstimmungsskala oder einem erheblichen Teil bei einem Abstand von höchstens 3 km von einem 4 kW-starken Ortssender (nach der Leistungsbezeichnung der Genfer Union); starke gegenseitige Abhängigkeit der Abstimmungen in den verschiedenen Kreisen; schlecht einstellbare oder unkontrollierbare Rückkopplung; erhebliche Veränderung der Abstimmung schon bei Annäherung der Hand zur Bedienung des Apparats; Verzerrungen der Tonwiedergabe durch schlechte Verstärkertransformatoren, falsch bemessene Gitterspannung oder durch innere Rückkopplungen; mechanische Mängel, die z. B. eine Veränderung der Abstimmung ohne Änderung der Einstellung bewirken; schlecht befestigte Einzelteile; unübersichtliche Drahtführung; Empfindlichkeit gegen Erschütterung, Wackelkontakte und dergl.

Die Heinrich-Hertz-Medaille ist gestiftet worden zur Anerkennung und Belohnung besonders verdienstvoller Arbeiten, in der Erwägung, daß es die individuellen Höchstleistungen sind, von denen der Fortschritt in der Wissenschaft und Technik seinen stärksten Ansporn erfährt. Durch die Stiftung der Silbernen Medaille hofft die Gesellschaft besonders die in dem großen Kreis der Funkfreunde ruhenden Kräfte zur produktiven Mitarbeit heranziehen und in den Dienst des funktechnischen Fortschritts stellen zu können. Jeder auf diesem Wege erzielte Erfolg wird auch den Bestrebungen der Funkfreunde besonders zugute kommen.

gez. *K. W. Wagner*,
Vorsitzender der Heinrich-Hertz-Gesellschaft.

Die Bedingungen zur Bewerbung um die Silberne Heinrich-Hertz-Medaille.

1. Die Bewerber müssen Reichsangehörige sein und dürfen nur je ein Empfangsgerät vorlegen.

2. Das Empfangsgerät muß durch den Bewerber selbst ohne Inanspruchnahme fremder Hilfe entworfen und zusammengebaut sein, was durch eidesstattliche Erklärung zu bestätigen ist. Zulässig ist es jedoch, im Handel vorhandene Einzelteile für den Zusammenbau zu verwenden. In dem Begleitschreiben ist anzugeben, welche Einzelteile fertig bezogen worden sind.

3. Für die Leistung des Empfängers ist maßgebend:

A. Seine Empfindlichkeit. Diese wird an verschiedenen Stellen und Antennen durch Vergleich ferner Sender mit einem guten Vierröhrengerät der Industrie festgestellt. Besondere Angaben über die Abmessungen der günstigsten Antenne werden berücksichtigt. Das zur Prüfung vorgelegte Gerät darf nicht mehr als vier Röhren besitzen. Die Anodenspannung darf nicht höher als 220 Volt sein.

B. Seine Selektivität. Diese wird in Berlin an verschiedenen Stellen und Antennen festgestellt durch den Empfang auswärtiger Sender, während Berlin sendet. Die Störungsfreiheit wird verglichen während der Beeinflussung durch nahe Straßenbahnen, medizinische Hochfrequenzapparate, laufende Motoren, Luftstörungen usw.

C. Die Güte der Wiedergabe von Sprache und Musik. Diese wird bei Verwendung eines erstklassigen Lautsprechers geprüft. Der Empfänger muß daher für Anschaltung eines solchen gebaut sein. Die letzte Röhre soll mindestens 15 mA Sättigungsstrom besitzen. Lautsprecherempfang ist aber nur für nahe Sender (Ortssender) erforderlich.

D. Sachgemäße und solide Herstellung. Raumbedarf. Es wird hierbei viel weniger auf das äußere Aussehen, als auf richtige Leitungsführung, gute Löt-

stellen, feste und stoßsichere Ausführung Wert gelegt. Auch die Kleinheit des Raumbedarfs wird bewertet.

E. Bedienbarkeit. Diese soll möglichst einfach sein. Eine Bedienbarkeit, die an einen Laien die geringsten Anforderungen stellt, wird am höchsten bewertet.

F. Wellenlänge. Es genügt ein Wellenbereich von 200 bis 600 m. Wellenbereiche, die auch die Aufnahme von Königswusterhausen (1300 m), Daventry (1600 m), Paris (1780 m) gestatten, werden besonders bewertet.

G. Vermeidung der störenden Ausstrahlung. Die Empfänger sollen möglichst keine solche Ausstrahlung besitzen.

H. Herstellung der Einzelteile. Nach Punkt 2 ist es zulässig, im Handel vorhandene Einzelteile für den Zusammenbau zu verwenden. Werden aber selbstgebaute Einzelteile genommen, so wird dies besonders bewertet.

Die Leistung des Empfängers soll nach Punkten bewertet werden, und zwar in der Weise, daß für jede Eigenschaft des Empfängers eine bestimmte Höchstpunktzahl vorgesehen wird, bis zu welcher sie nach ihrer Güte klassifiziert wird.

Als Höchstpunktzahl für die verschiedenen Eigenschaften ist vorgesehen:

A. Empfindlichkeit des Empfängers: 10 Punkte;
B. Selektivität und Störungsfreiheit: 10 Punkte;
C. Güte der Wiedergabe: 10 Punkte;
D. sachgemäßer und solider Aufbau, Raumbedarf: 5 Punkte;
E. Bedienbarkeit: 5 Punkte.
F. Wellenbereiche über 600 m, und zwar von 200 bis 1300 einschließlich Königswusterhausen) 3 Punkte, von 200 bis 2000: 6 Punkte;
G. Vermeidung einer störenden Ausstrahlung bei etwaiger Rückkopplung. Empfänger, die praktisch keine derartige Ausstrahlung besitzen, erhalten: 5 Punkte;
H. Herstellung der Einzelteile. Sofern alle Einzelteile in vorzüglicher Ausführung von dem Bewerber hergestellt wurden, erhält der Empfänger: 10 Punkte;
wenn nur einige selbst hergestellt sind, oder die Güte nicht erstklassig ist, entsprechend weniger;
I. für jede ersparte Röhre: 3 Punkte.

Soweit die geforderten Leistungen beziehungsweise Eigenschaften ganz oder teilweise durch einen besonders großen Aufwand an technischen Mitteln oder an Stromverbrauch erzielt werden, werden die betreffenden Leistungen bzw. Eigenschaften entweder gar nicht oder nur mit einer entsprechend verringerten Punktzahl bewertet.

4. Die Apparate mit den zugehörigen Röhren sind mit einem Kennwort versehen, aber ohne Namensnennungen an den Vorsitzenden der Prüfungskommission, Abteilungsdirektor Dr.-Ing. Harbich, Berlin C 2, Neue Friedrichstraße 38/40, franko unter „Einschreiben" einzusenden oder abzugeben. Dem Gerät muß ein ausführliches Schaltschema sowie die Angabe beigefügt sein, daß es sich um eine Bewerbung um die Silberne Heinrich-Hertz-Medaille handelt. Außerdem sind in einem besonderen Einschreibebrief an dieselbe Adresse zu senden: a) die unter dem Punkt 2 geforderten Angaben und die eidesstattliche Erklärung; b) das Kennwort des Empfängers und die Adresse des Bewerbers.

Auf dem Briefumschlag, der erst vor der Kommission geöffnet wird, ist auf der Vorderseite als Absender das rot unterstrichene Kennwort des Empfängers ohne Namensnennung des Bewerbers anzugeben.

5. Die unter Punkt 4 bezeichneten Sendungen müssen spätestens am 1. Juli 1927 eingehen.

6. Die Heinrich-Hertz-Gesellschaft kann von jedem Bewerber die Vorführung und mündliche Erläuterung des von ihm eingereichten Gerätes verlangen.

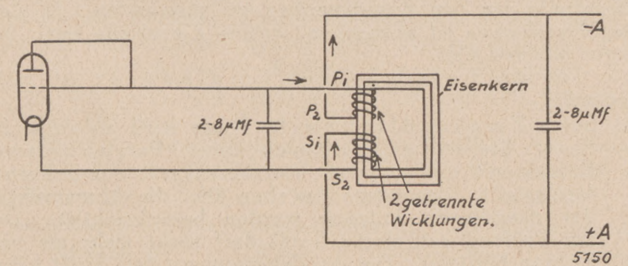
7. Die Heinrich-Hertz-Gesellschaft hat das Recht, eine Beschreibung des mit der Silbernen Heinrich-Hertz-Medaille ausgezeichneten Gerätes nach ihrem Gutdünken zu veröffentlichen.

8. Die Hin- und Rücksendung der Empfangsgeräte geschieht auf Kosten und Gefahr des Bewerbers.

Für irgendwelche Beschädigungen oder für den Verlust von Geräten, die z. B. bei dem Transport, der Lagerung oder der Prüfung entstehen sollten, übernimmt die Heinrich-Hertz-Gesellschaft keinerlei Ersatzpflicht. Es bleibt den Bewerbern überlassen, ihre Geräte selbst zu versichern.

Anodenstrom aus dem Wechselstromnetz.

In dem Aufsatz „Anodenstrom aus dem Wechselstromnetz"[1]) hatte ich die Verwendung von Ringübertragern empfohlen, leider sind diese jedoch sehr schwer oder gar nicht erhältlich. Als Ersatz für den als Transformator am Netz liegenden Ringübertrager kann jedoch, wie schon in meinem Aufsatz gesagt, jeder zum Anschluß an das Netz ge-



Schaltung der Drosselkette bei Verwendung eines Ringübertragers oder einer selbsthergestellten Drossel.

eignete Transformator 1 : 1 oder 1 : 2 verwendet werden. Außerdem sind auch eigens für diesen Zweck berechnete Transformatoren erhältlich. Diese Transformatoren sind zum Anschluß an ein 120 Volt-Wechselstromnetz berechnet und liefern sekundär 2×250 Volt bei 36 Milliamp und 4,5 Volt bei 1,5 Amp. Der Transformator gestattet also die Entnahme des Heizstromes (bei Fortfall des von mir vorgeschlagenen Klingeltransformators) und Vollweggleichrichtung bei Verwendung von zwei Gleichrichterröhren oder einer Röhre mit zwei Anoden, z. B. „Valvo-Mikrotron". Der Preis eines derartigen Transformators stellt sich mit allen Einzelteilen etwa auf 11 Mark.

Die Transformatorbleche, die auch ohne Transformatorspule erhältlich sind, eignen sich vorzüglich zum Selbstbau einer Drossel für das Netzanschlußgerät. Die Daten für eine solche Drossel sind 2×7500 Windungen Lackdraht 0,2 mm ø. Die Anschaltung an das Netzanschlußgerät erfolgt in der gleichen gleichen Weise wie für den Ringübertrager angegeben wurde. Es kommt also in jeden Zweig der Drosselkette eine Wicklung; die Einschaltung muß so erfolgen, daß der Strom immer im gleichen Sinn um den Eisenkern fließt. Ich habe mit dieser Anordnung bessere Erfolge erzielt als mit zwei getrennten Drosseln oder mit einer Drossel.

An Stelle einer selbstgestellten Drossel kann in diesem Kreis auch ein käuflicher Übertrager benutzt werden. Der Übertrager wird mit 150 × 150 × 150 bezeichnet. Der Übertrager hat zwei Wicklungen, deren eine im Mittelpunkt angezapft ist. Die Klemmen sind mit P, S und C bezeichnet. C bleibt frei (Mittelpunkt!), der Anfang der Primär- und Sekundärwicklung liegt auf der gleichen Seite des Grundbrettes.

Das von mir gebaute und beschriebene Netzanschlußgerät liefert bei Leerlauf eine Anodenspannung von 84 Volt (mit Drehspulinstrument gemessen); bei Belastung mit 5 Milliamp ist die Anodenspannung 75 Volt. Eine sehr feine Regulierung der Anodenspannung ist mit der Heizung der Gleichrichterröhre möglich. Die Anschaltung an ein Drehstromnetz ist natürlich ohne weiteres möglich, wenn der Eingang des Transformators zwischen zwei Phasen gelegt wird oder bei Nullpunktschaltung des Netzes zwischen eine Phase und Erde. Die richtige Schaltung ist in jedem Falle schon an den Steckdosen für Beleuchtung ausgeführt. Becherkondensatoren lassen sich verwenden, vorausgesetzt, daß sie die Anodenspannung aushalten.

Wenn ein entsprechender Klingeltransformator verwendet wird, kann das mit Ringübertragern gebaute Gerät unbedenklich an ein 220 Volt-Netz angeschaltet werden. Bei Beibehaltung des Übersetzungsverhältnisses 1 : 1 verdoppelt sich die Anodenspannung. Bei sehr hoher Belastung tritt allerdings ein merklicher Spannungsabfall ein, ohne daß jedoch starke Erwärmung auftritt. *F. Bayer.*

[1]) Vgl. „Funk-Bastler", Jahr 1926, Heft 47, Seite 597.

Die Gleichrichtung in Widerstandsempfängern

Von
Manfred v. Ardenne.

Über die Gleichrichterwirkung bei der in Abb. 1 abgebildeten normalen Widerstandsempfängerschaltung, die heute besonders zum Empfang naher Rundfunksender in Deutschland eine große Verbreitung gefunden hat, bestanden

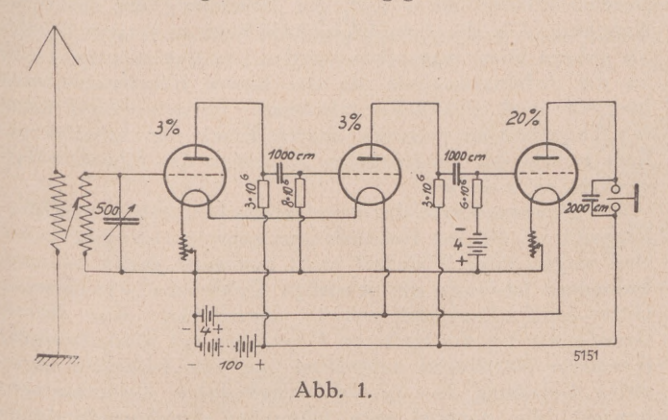


Abb. 1.

bisher Unklarheiten: der beobachtete sehr empfindliche Gleichrichtereffekt wurde auf sehr verschiedene Weise erklärt. Keine der gegebenen Erklärungen jedoch ließ sich bei der näheren Untersuchung mit allen beobachteten Er-

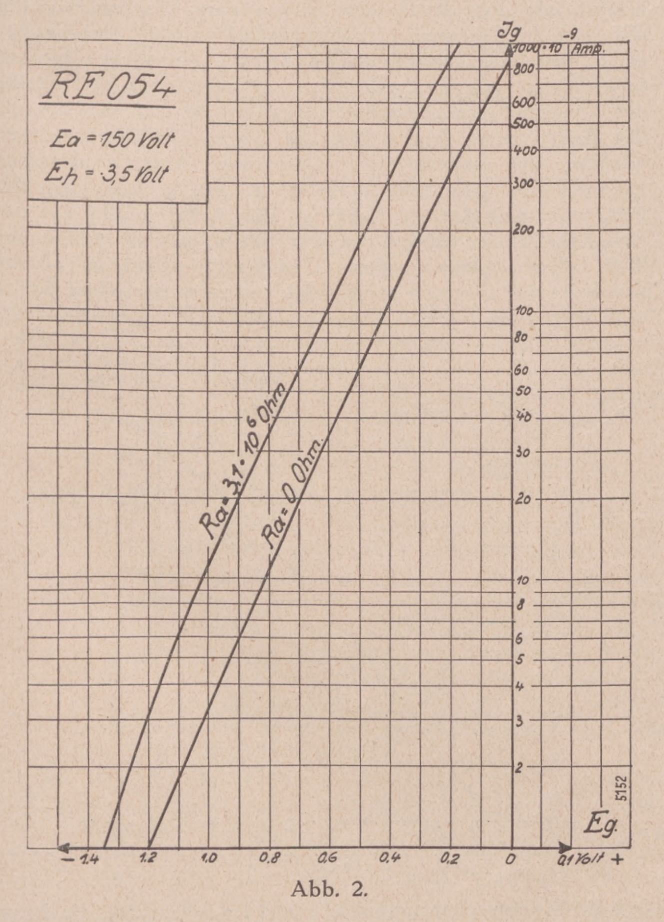


Abb. 2.

scheinungen in Einklang bringen. Häufig wurde angenommen, daß die erste Röhre (vgl. Abb. 1) als Hochfrequenzverstärker wirkt und die Gleichrichtung als Audiongleichrichtung erst in der zweiten Stufe stattfindet. Diese Auffassung stimmte mit der Beobachtung überein, daß der Gleichrichtereffekt ziemlich unabhängig von der Gittervorspannung der ersten Röhre ist, solange der Arbeitspunkt auf Teilen der Röhrenkennlinie liegt, wo eine gute Verstärkung möglich ist. Diese Erklärung erschien jedoch unhaltbar, denn Versuche zeigten, daß ein wirksamer Empfang auch noch auf so kurzen Wellen oder richtiger bei so stark kapazitiver Belastung des Anodenkreises vorhanden war, wenn theoretisch bei der ersten Stufe keine wirksame Hochfrequenzverstärkung mehr bestehen konnte. Immerhin ist sicher anzunehmen, daß auf Wellen über 1000 m, bei denen der Anodenkreis der ersten Röhre durch die unvermeidlichen Röhren- und Leitungskapazitäten noch nicht so stark kapazitiv belastet ist, daß die Hochfrequenzverstärkung vollständig unterdrückt wird, ein bestimmter mehr oder

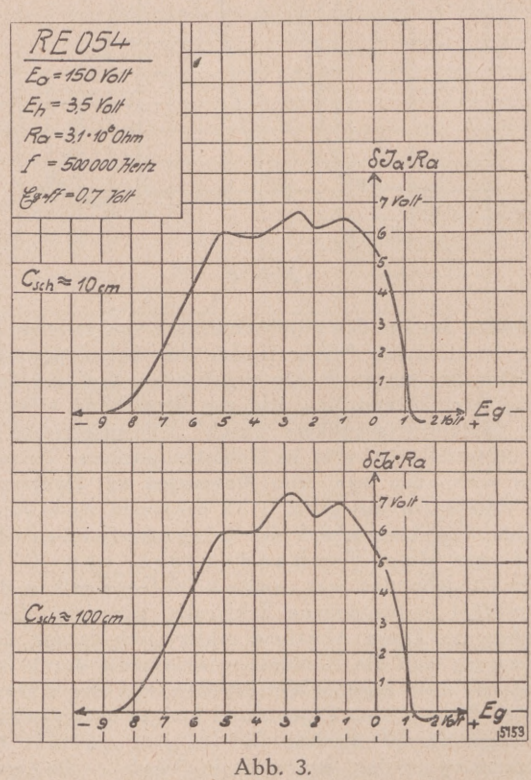


Abb. 3.

weniger kleiner Prozentsatz erst bei der **zweiten** Stufe durch Audionwirkung oder den unten besprochenen Gleichrichtereffekt in Niederfrequenz verwandelt wird[1]). Je schwächer die kapazitive Belastung der Anodenkreise ist, d. h. bei gegebener Scheinkapazität je länger die Welle der zu verstärkenden Schwingung ist, in desto späteren Verstärkerstufen wird die Umwandlung des Hauptteiles der Hochfrequenz erfolgen, denn bei dem quadratischen Empfindlichkeitsgesetz der Empfangsgleichrichter ist eine V fache Hochfrequenzverstärkung so wirksam wie eine V^2 fache Niederfrequenzverstärkung.

Bei der ersten Stufe konnte weiterhin ein Gleichrichtereffekt dadurch verursacht werden, daß durch den veränderlichen „inneren Gitterwiderstand" der Röhre, der durch die Krümmung der Gitterstromkurve bedingt ist, eine unsymmetrische Dämpfung des Antennenkreises während der beiden Halbperioden vorhanden ist. Zunächst erschien diese Erklärung dem Verfasser sehr wahrscheinlich, besonders weil

[1]) Sobald die Hochfrequenz durch verschiedene Effekte und in verschiedenen Stufen gleichgerichtet wird, treten beim Empfang gewisse Verzerrungen auf, durch die die Wiedergabe im oberen Hörbereich einen rauhen, zischenden Charakter bekommt.

wegen der hier vorhandenen geringen Anodenspannung an der Röhre theoretisch ein starker Gitterstrom zu erwarten war. Wie die Messung nach Abb. 2 zeigt, in der die Gitterströme im logarithmischen Maßstabe aufgetragen sind, ist der Elektronengitterstrom in den in Frage kommenden Gebieten in der Tat größer als ohne Anodenwiderstand. Die

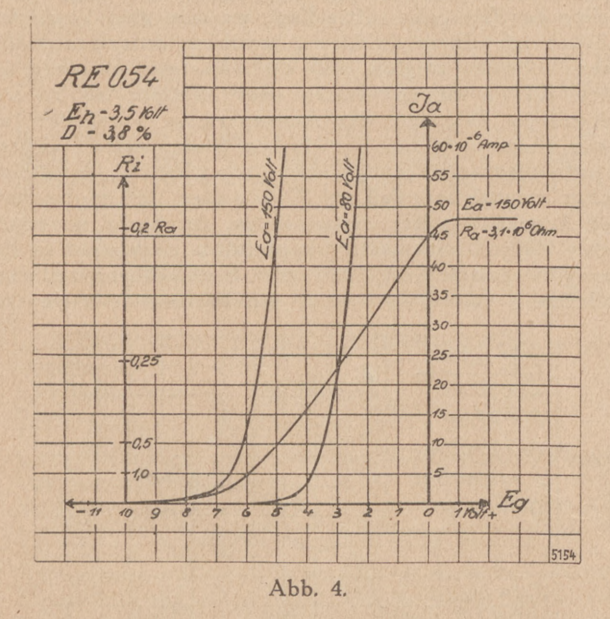


Abb. 4.

Berechnung des bei den durchschnittlich vorhandenen Dämpfungen bestehenden Widerstandes des Schwingungskreises am Gitter der ersten Röhre ergab aber, daß die Größenordnung der Gitterströme, die zur Erreichung eines wirksamen Gleichrichtereffektes durch „unsymmetrische Dämpfung" notwendig ist, erst in Gebieten positiver Gitterspannungen vorhanden war. Bei Messungen mit Hochfrequenz, deren Ergebnisse aus Abb. 3 zu erkennen sind, stellte es sich außerdem heraus, daß der Gleichrichtereffekt nicht an das Vorhandensein von Gitterströmen gebunden war, sondern im Gegenteil in den für die zunächst angenommene Erklärung günstigen Gebieten sehr abnahm. Diese Abnahme erklärt sich daraus, daß bei der Messung sich die Hochfrequenzspannung durch die Belastung mit dem inneren Gitterwiderstand der Röhre verringerte. Nach diesen Ergebnissen konnte naturgemäß nicht mehr angenommen werden, daß es sich um eine Gittergleichrichtung in der ersten Stufe handelt. Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurde daher vermutet, daß der Gleichrichtereffekt auf der Krümmung der für Hochfrequenz maßgebenden Arbeitskennlinie des Anodenstromes beruht.

Der in Frage kommende Bereich der statischen Kennlinie der untersuchten Röhrenanordnung ist in Abb. 4 wiedergegeben. Gleichzeitig ist in Abb. 4 die unter den angegebenen Verhältnissen bestehende Arbeitskurve für einen rein Ohmschen Anodenwiderstand eingetragen. In diesem Anodenstrombereich ist die statische Röhrenkennlinie stark gekrümmt $\left(\frac{\partial S}{\partial E_g} \approx 19 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Amp}}{\text{Volt}^2}\right)$. Die Steilheitswerte für die statische Kennlinie der Anordnung Abb. 4 sind in Abb. 5 eingetragen. Der Steilheit der Kurve in Abb. 5 $\left(\frac{\partial S}{\partial E_g}\right)$ entspricht die Krümmung der statischen Kennlinie. Trotzdem die statischen Röhrenkennlinien in den Bereichen, in denen sie von der Arbeitskennlinie durchlaufen werden, noch stark gekrümmt sind, ist die Arbeitskennlinie, wie auch aus Abb. 4 hervorgeht, über relativ große Gitterspannungsbereiche nahezu linear. Aus einer einfachen Differentiation bekannter Beziehungen geht hervor[2]), daß die wirksame Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinie im Verhältnis $\left|\frac{R_i}{\Re_a + R_i}\right|^2$ kleiner ist als die Krümmung in den entsprechenden Teilen der statischen Kennlinie. Die Krümmung wird hiernach sehr klein, sobald etwa $|\Re_a|$ größer als R_i wird. In dem Beispiel Abb. 4 ist in den oberen Teilen der Arbeitskennlinie der innere Röhrenwiderstand kleiner als ¼ des Ohmschen äußeren Widerstandes. Infolgedessen ist nach der angegebenen Beziehung die Krümmung in diesem Bereich kleiner als 4 v. H. der Krümmung der statischen Kennlinie, d. h. die Arbeitskennlinie kann in diesem Bereich als nahezu linear angesehen werden. In den unteren Teilen ist die Arbeitskennlinie, da der innere Röhrenwiderstand hier sehr groß ist, stärker gekrümmt. Im unteren gekrümmten Teile und im scharfen oberen Knick der Arbeitskennlinie ist ein gut ausgeprägtes Maximum des Gleichrichtereffektes zu erwarten.

Die genauen Werte der unvermeidlichen statischen Eigenkapazitäten, die bei Hochfrequenz sehr ins Gewicht fallen, sind wegen ihrer Kleinheit nicht genügend genau bekannt, besonders ist auch die jeweilige Größe der dynamischen Gitter-Anodenkapazität schwer übersehbar. Aus diesem Grunde wurden die weiteren Messungen mit Niederfrequenz (Frequenz 800 Hertz) ausgeführt und eine bekannte kapazitive Belastung des Anodenkreises durch Kondensatoren bewirkt, die parallel zum Ohmschen Anodenwiderstande gelegt wurden. In Abb. 6 ist der Gleichrichtereffekt bei der Verstärkerstufe Abb. 4 bei verschiedener kapazitiver Belastung des Anodenkreises gemessen worden. Hierbei wurde die Änderung der Anodenspannung $\delta J_a \cdot R_a$ festgestellt, die eintrat, als dem Gitter der Röhre eine Wechselspannung mit dem Scheitelwert 1 Volt zugeführt wurde. Nähere Angaben über die Meßanordnung, auf die einzugehen hier zu weit führen würde, finden sich in einer etwa gleichzeitig mit diesem Aufsatz erscheinenden Arbeit des Verfassers[3]). Die Kurve A in Abb. 6 gibt die Größe des Gleichrichtereffektes bei nahezu rein Ohmschen Anodenwiderstand wieder. Der Gleichrichtereffekt ist am größten bei der Gittervorspannung — 6 Volt, wo der Arbeitspunkt auf der Arbeitskennlinie, Abb. 4, an der Stelle größter Krümmung liegt. Der entgegengesetzte Gleichrichtereffekt im oberen Knick ist nur schwach ausgeprägt, trotzdem der obere Knick sehr scharf ist. Diese Tatsache ist darauf zurückzuführen,

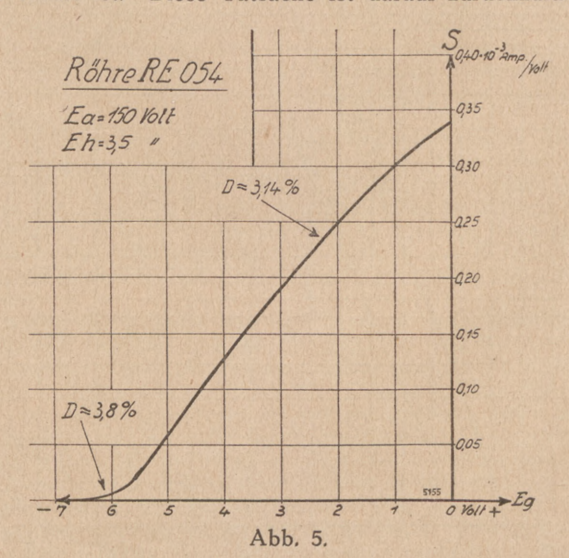


Abb. 5.

daß die Gitterwechselspannung durch die Belastung, die durch den Gitterstrom entsteht, stark abnimmt. Aus der Kontrollmessung der Gitterwechselspannung mit einem empfindlichen Einfadenelektrometer ging jedoch hervor, daß eine merkliche Belastung erst bei schwächer negativen Gitterspannungen als — 0,8 Volt eintrat.

[2]) M. v. Ardenne „Über Röhrenverzerrungen bei Verstärkern". Zeitschr. f. techn. Phys. Erscheint demnächst.

[3]) „Über Anodengleichrichtung." Jahrbuch.

Bei Vorhandensein eines Ohmschen Anodenwiderstandes ist die Größe des Gleichrichtereffektes nicht nur von der Größe der Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinie abhängig. Der Ohmsche Anodenwiderstand ist noch insofern zu berücksichtigen, als durch ihn bei Eintreten der Anodenstromänderung δJ_a auch die Anodenspannung an der Röhre sich ändert und unvorteilhaft auf die Anodenstromänderung zurückwirkt. Der Gleichrichtereffekt bei bestimmter Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinie ist daher noch um $\frac{R_i}{R_a + R_i}$ kleiner, was sehr zu beachten ist, wenn der Ohmsche Bestandteil R_a des Anodenwiderstandes nicht (wie z. B. bei Drosselverstärkern) zu vernachlässigen ist. Die Größe der durch den Gleichrichtereffekt entstehenden Anodenspannungsschwankung berechnet sich, wie nach dem Gesagten auch ohne die an anderer Stelle gegebene Ableitung verständlich sein wird, zu:

$$\delta J_a \cdot R_a = \frac{\partial S}{\partial E_g} \cdot \frac{R_i^2}{|\mathfrak{R}_a + R_i|^2} \cdot \frac{\mathfrak{E}_g^2}{4} \cdot \frac{R_i}{R_a + R_i} \cdot R_a.$$

Dieser Ausdruck ergab für die Anordnung 6 A, wo $|\mathfrak{R}_a| = R_a$ ist, sehr gut mit der Messung übereinstimmende Werte. Sobald der Anodenkreis merklich kapazitiv belastet wird, ($f = 800$ Hertz, $C_{ak} = 200$ cm) steigt, wie die Messung Abb. 6 B zeigt, der Gleichrichtereffekt stark an. Wie aus den Messungen Abb. 6 C und 6 D hervorgeht, ist bei sehr stark kapazitiver Belastung des Anodenkreises der Gleichrichtereffekt sehr empfindlich und ziemlich unabhängig von der Gittervorspannung, solange der Arbeitspunkt auf Teilen der Röhrenkennlinie liegt, wo eine gute Verstärkung möglich ist.

Die beträchtliche Zunahme des Gleichrichtereffektes bei kapazitiver Belastung, wie auch die Tatsache, daß eine empfindliche Gleichrichtung auch dann stattfindet, wenn der Arbeitspunkt auf praktisch geradlinigen Teilen der statischen Arbeitskennlinie liegt, läßt sich aus der oben gegebenen Beziehung leicht erklären. Sobald der Anodenkreis stark kapazitiv belastet ist, wird $|\mathfrak{R}_a| \ll R_i$, d. h. die dynamische Arbeitskennlinie ist dann gleich der statischen Röhrenkennlinie für die Anodenspannung, die im Arbeitspunkt an der Röhre herrscht. Die statische Kennlinie der Anodenspannung, die bei einer Gittervorspannung von -3 Volt an der Röhre herrscht, ist ebenfalls in der Abb. 4 enthalten. Die Krümmung dieser dynamischen Arbeitskennlinie, die gleich der entsprechenden statischen Röhrenkennlinie ist, ist sehr stark. Ihr würde bei einer Gitterwechselspannung von der Amplitude 1 Volt ein Gleichrichtereffekt von $10{,}6 \cdot 10^{-6}$ Amp entsprechen. (Vgl. hierzu die Abb. 7.) Da durch den Gleichrichtereffekt sich aber wieder die Anodengleichspannung ändert, also der Gleichrichtereffekt wieder nur auf der durch den Ohmschen Bestandteil des Anodenwiderstandes gegebenen statischen Arbeitskennlinie liegen kann, so muß der bei der betreffenden Gittervorspannung bei stark kapazitiver Belastung in Abb. B, C und D gemessene Gleichrichtereffekt im Verhältnis $\frac{S_r}{S}$ oder, was dasselbe bedeutet, im Verhältnis $\frac{R_i}{R_a + R_i}$ kleiner sein als $10{,}6 \cdot 10^{-6}$ Amp, d. h. etwa $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ Amp betragen. Dieser Wert stimmt vorzüglich mit dem in Abb. 6 D bei einer Gittervorspannung von -3 Volt gemessenen Wert überein. Die Tatsache, daß der empfindliche Gleichrichtereffekt bei stark kapazitiver Belastung:

$$\delta J_a \cdot R_a = \frac{\partial S}{\partial E_g} \cdot \frac{\mathfrak{E}_g^2}{4} \cdot \frac{R_i}{R_a + R_i} \cdot R_a$$

über einen größeren Gitterspannungsbereich ziemlich konstant ist, beruht darauf, daß mit steigendem Anodenstrome die Krümmung $\frac{\partial S}{\partial E_g}$ in dem fraglichen Anodenstrombereich zunimmt (vgl. Abb. 5), während $\frac{R_i}{R_a + R_i}$ etwa im selben Verhältnis abnimmt. Aus den Formeln für den Gleichrichtereffekt geht hervor, daß der Gleichrichtereffekt bei stark kapazitiver Belastung des Anodenkreises $\frac{(R_a + R_i)^2}{R_i}$ mal größer ist als ohne kapazitive Belastung. Bei hinsichtlich Verstärkungsgrad und Verzerrungsgrad vorteilhafter Dimensionierung (Abb. 4) ist der innere Widerstand in der oberen Hälfte der Arbeitskennlinie meist nur ¼ bis ⅕ des Ohmschen äußeren Widerstandes. Für Hochfrequenz, d. h. bei stark kapazitiver Belastung des Anodenkreises, ist

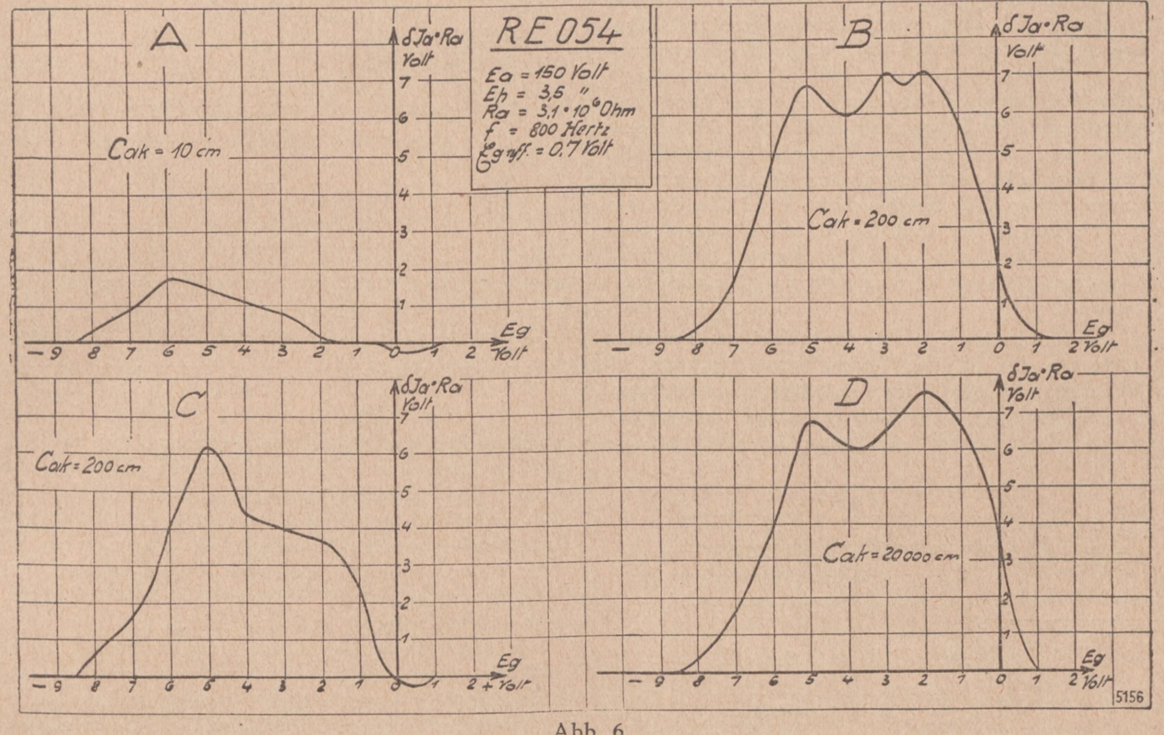


Abb. 6.

daher der Gleichrichtereffekt in den für die Verstärkung ausnutzbaren Teilen der Röhrenkennlinien etwa 30 mal so groß als für Niederfrequenz. Um festzustellen, wie weit auch schon bei der Verstärkung der im Hörbereich liegenden Schwingungen die durch die unvermeidliche Scheinkapazität gegebene kapazitive Belastung des Anodenkreises eine Vergrößerung des Gleichrichtereffektes und somit eine Vergrößerung des mit ihm im bestimmten Zusammenhange stehenden Verzerrungsgrades bedingt, wurde in Abb. 8 bei den angegebenen Betriebverhältnissen die Größe des Gleichrichtereffekts bei verschiedener kapazitiver Belastung des Anodenkreises gemessen. Eine wesentliche Zunahme der Kennlinienkrümmung bzw. des ihr proportionalen Gleichrichtereffektes tritt hier ein, wenn die Phasenverschiebung bei dem Anodenkreiswiderstand ($\operatorname{tg} \varphi = R_a \cdot \omega \cdot C_{ak}$ größer als etwa 40—50° wird. Bei den durchschnittlich vorhandenen Werten für die Scheinkapazität und bei Anodenwiderständen von $3 \cdot 10^6$ Ohm tritt diese Phasenverschiebung jedoch erst bei Frequenzen über etwa 2000 Hertz ein. Bei Verstärkern für Musik und Sprache ist jedoch die Amplitude der Gitterwechselspannungen von Frequenzen über 2000 Hertz erheblich kleiner als bei tieferen Frequenzen, so daß die etwas stärkere Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinie bei sehr hohen Tönen praktisch unwesentlich ist.

Um einen empfindlichen Gleichrichtereffekt zu erzielen, muß, wie auch aus der Messung Abb. 8 zu erkennen ist und überdies auch aus der oben angegebenen allgemeingültigen Formel für den Gleichrichtereffekt hergeleitet werden kann, für die untersuchten Spannungs-Widerstands-

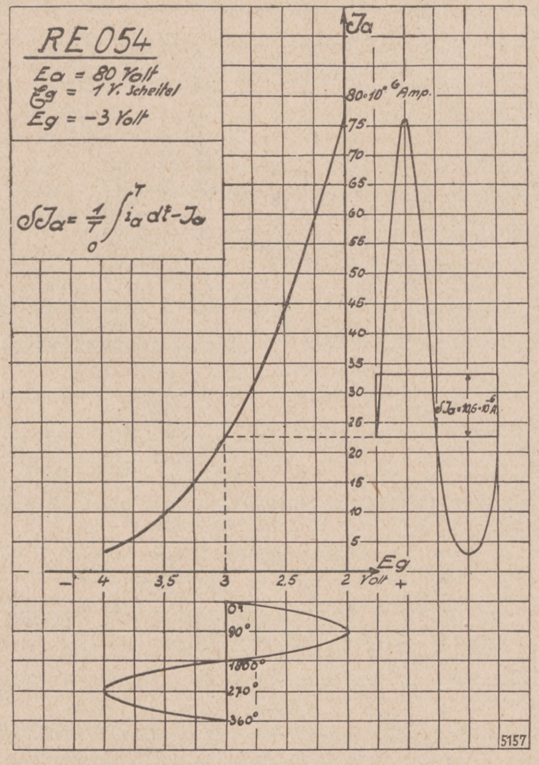


Abb. 7.

verstärker die Phasenverschiebung beim Anodenwiderstand größer als etwa 80° sein. Die Wellenlänge, wo im Anodenkreiswiderstand eine Phasenverschiebung von etwa 80° vorhanden ist, berechnet sich nach folgender Formel:

$$\lambda_m = \frac{R_a \cdot C_{sch\,cm}}{2500}$$

Bei einem Ohmschen Anodenwiderstande von $3 \cdot 10^6$ Ohm ist hiernach bei allen Wellen unter 3000 m ein wirksamer Gleichrichtereffekt vorhanden, sobald die wirksame schädliche Kapazität größer als etwa 2,5 cm ist. Da dieser Betrag aber selbst bei dem sehr kapazitätsarmen Aufbau einer Mehrfachröhre vorhanden ist, so bringt die Parallelschaltung eines kleinen Kondensators, der mit Rücksicht auf die Fre-

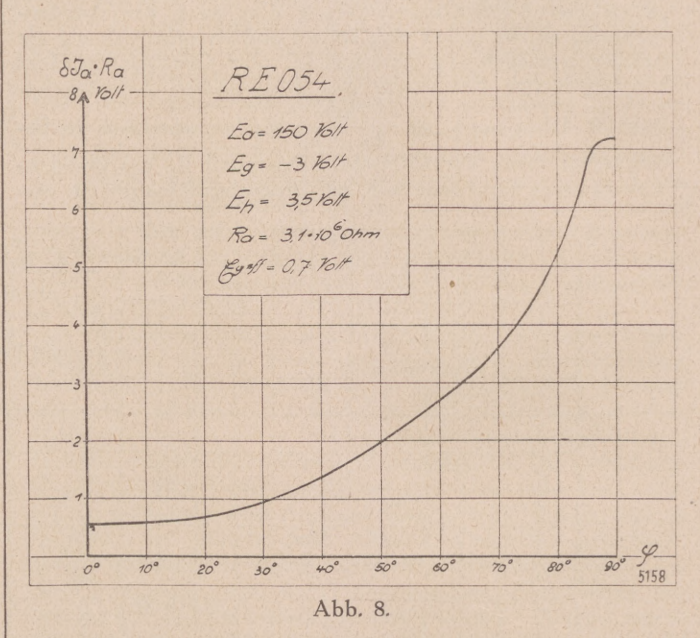


Abb. 8.

quenzabhängigkeit bei Niederfrequenz nicht zu groß gewählt werden darf, kaum eine wesentliche Empfindlichkeitssteigerung des Widerstandsempfängers mit sich (Abb. 3). Zur Gleichrichtung längerer Wellen (besonders bei Zwischenfrequenzempfängern) und kürzerer Wellen, wenn entsprechend kleinere Anodenwiderstände benutzt werden, ist der eben angedeutete Kunstgriff dagegen sehr empfehlenswert und wichtig.

Die Behandlung der Niederfrequenzverstärker unter Berücksichtigung der vom Anodenwiderstand abhängigen Krümmung der dynamischen Arbeitskennlinie hat bereits zu interessanten Ergebnissen geführt, über die in einem späteren Aufsatz berichtet werden soll.

Die Tropadyne-Eingangsschaltung.

Für die Veröffentlichung der in Heft 4 des „Funk-Bastler", Jahr 1927, beschriebenen Tropadyne-Eingangsschaltung dürften alle ernsthaften Bastler dankbar sein.

Anläßlich einer Variometer-Reparatur baute ich die Schaltung in meinen Sechsröhren-Tropadyne-Kofferempfänger (29 × 52 × 12 cm) ein, der vordem erst mit der Schaltung von Fitsch, später mit der Schaltung von Silver in Betrieb gewesen war. Als Differential-Kondensator wurde ein kleiner Kondensator mit zwei parallel geschalteten 100 cm-Blocks, als Neutrodon (N) eins von etwa 10 cm verwendet. Die Resultate sind hervorragend. Mit 2,5 Watt Heizleistung erscheinen alle größeren europäischen Sender am 1,8 m²-Rahmen abends im Lautsprecher. Die Selektivität ist vorzüglich.

Angenehm empfunden wird eine bedeutende Erleichterung des Einstellens der Zwischenfrequenz-Wandler, was bekanntlich beim normalen Tropadyne wenig angenehm ist. Die Einstellung der Eingangsapparatur ist einfach. Nur bedarf die von Hofmann angegebene Methode einer kleinen Ergänzung. Da naturgemäß das Verhältnis $D_a : D_b = 1$ angestrebt werden muß, so soll auch $C_r : N = 1$ werden, d. h. das Neutrodon soll die innere Kapazität der Schwingröhre kompensieren.

Man darf also das Neutrodon nicht in der Stellung seiner größten Kapazität belassen. *Bräuer.*

Ein Vierröhrengerät mit Drosselspulenkopplung

Von

Dr. W. Heinze.

Bei den bisher betrachteten Empfängern mit Hochfrequenzverstärkung wurde als Kopplungsglied der Vorröhre mit dem Audion stets ein Schwingungskreis verwendet. Die Notwendigkeit eines solchen Schwingungskreises ergibt sich aus dem Vorhandensein der inneren Röhrenkapazitäten, die dem äußeren Anodenwiderstand parallel geschaltet sind und ihn bei den Rundfunk- und noch kürzeren Wellen in unzulässiger Weise verkleinern.

Abb. 1 stellt einen Hochfrequenzverstärker mit Drosselspulenkopplung dar, bei dem das Gitter der folgenden Röhre durch einen Kondensator vor der Anodenspannung der vorhergehenden Röhre geschützt ist. Es wird also durch diese Schaltung eine Spannungsverstärkung vorgenommen. Als theoretischer Wert der Verstärkung ergibt sich:

$$V = \frac{1}{D}\left[\frac{1}{1+\frac{R_i}{|\mathfrak{R}_a|}}\right], \qquad (1)$$

wobei V der Verstärkungsfaktor, d. h. das Verhältnis der Gitterwechselspannungen der folgenden und der vorhergehenden Röhre, D der Durchgriff, R_i der innere und $\mathfrak{R}_a$ der äußere Röhrenwiderstand ist. Die Formel und ihre Ableitung ist

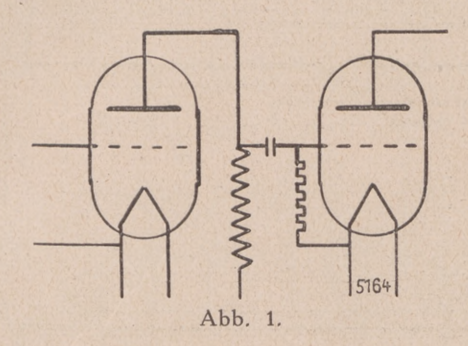


Abb. 1.

genau die gleiche wie beim Niederfrequenz-Widerstandsverstärker, nur ist der äußere Widerstand im vorliegenden Falle fast ausschließlich induktiv, und infolgedessen ist der Gleichspannungsabfall am äußeren Widerstand zu vernachlässigen. Aus der Gleichung (1) folgt einmal, daß für jedes $\mathfrak{R}_a$, das groß gegen R_i ist, die Verstärkung allein bestimmt ist durch den Durchgriff D, und zwar so, daß V um so größer wird, je kleiner D ist. Andererseits folgt aber daraus, daß bei gegebener Röhre, also gegebenem D und R_i, die Verstärkung für ein möglichst großes $\mathfrak{R}_a$ ihren Maximalwert erreicht. In der Erzielung eines genügend großen äußeren Widerstandes liegt aber die große Schwierigkeit, denn in dem $\mathfrak{R}_a$ sind die der Drossel parallel geschalteten Röhrenkapazitäten enthalten. Bei den langen Wellen ist der Wechselwiderstand $\frac{1}{\omega C}$ dieser Kapazitäten groß, da C sehr klein und ω ebenfalls klein ist. Infolgedessen ist der äußere Widerstand allein bestimmt durch den Wechselwiderstand der Drossel, der verhältnismäßig leicht groß gegen R_i zu machen und so der theoretische Höchstwert $V = \frac{1}{D}$ leicht zu erreichen ist. Bei den hohen Periodenzahlen der Rundfunk- und der kurzen Wellen dagegen wird der Wechselwiderstand der Kapazitäten trotz deren Kleinheit so gering, daß sie gegenüber der Drossel wie ein Kurzschluß wirken und die Erfüllung der Forderung $\mathfrak{R}_a > R_i$ unmöglich machen.

Das einzige Mittel, um trotzdem zu genügend großen äußeren Widerständen zu kommen, besteht in der Anwendung eines Schwingungskreises, also einer Induktivität und einer dazu parallel geschalteten Kapazität. Hierbei sind dann die Röhrenkapazitäten der äußeren Kapazität parallel geschaltet und dadurch unschädlich gemacht, daß sie mit zur Abstimmung verwendet werden. Die Abstimmung auf die zu empfangende Welle ist notwendig, um ein genügend großes $\mathfrak{R}_a$ zu erhalten.

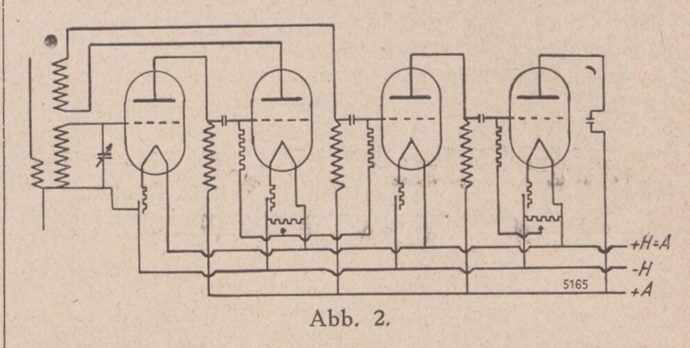


Abb. 2.

Der äußere Widerstand, der also jetzt von der Abstimmung abhängig ist, zeigt im Resonanzfall seinen größten Wert, nämlich:

$$\mathfrak{R}_a = \frac{\pi \omega L}{d}, \qquad (2)$$

wobei L die Selbstinduktion, ω die Kreisfrequenz, $\pi = 3{,}14$ und d das logarithmische Dekrement ist. Es genügt hier zu bemerken, daß das logarithmische Dekrement von R, dem Ohmschen Widerstand und dem Verhältnis $\frac{\lambda}{C}$ abhängt, wo C die Gesamtkapazität des Schwingungskreises ist, und daß das Dekrement um so kleiner wird, je kleiner bei gegebenem L R und C werden.

Es gibt nun, wie die Gleichung (2) zeigt, zwei Möglichkeiten, das $\mathfrak{R}_a$ möglichst groß zu machen. Man kann einmal, und das ist der allgemein übliche Weg, das Dekrement d möglichst klein und dadurch $\mathfrak{R}_a$ groß machen. Da kleines Dekrement geringe Dämpfung bedeutet und daraus eine spitze Resonanzkurve sich ergibt, so bedingt dieser Weg die Verwendung sehr scharf abgestimmter Schwingungskreise. Man erhält auf diese Weise zwar große Selektivität, jedoch wird die Bedienung nicht ganz einfach.

Die andere Möglichkeit besteht darin, daß man L so groß wie möglich macht, dann wird auch bei ziemlich großem d $\mathfrak{R}_a$ genügend groß gemacht werden können. Der größtmögliche Wert von L wird erhalten, wenn auf jede Zusatzkapazität verzichtet wird und allein die inneren Röhrenkapazitäten zur Abstimmung benutzt werden. Ein solcher Kreis ist nicht abstimmbar, man würde daher infolge des großen L und des kleinen C eine ziemlich scharfe Resonanzstelle bei einer bestimmten Wellenlänge erhalten. Da im vorliegenden Falle jedoch notwendigerweise ein größerer Wellenbereich verstärkt werden muß, so muß die Resonanzkurve durch Hinzufügung von Ohmschem Widerstand künst-

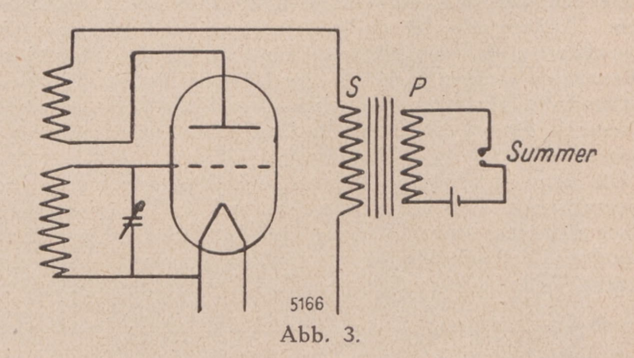


Abb. 3.

lich verbreitert werden. Diese Verbreiterung der Resonanzkurve kann natürlich nur auf Kosten der Verstärkung an der Resonanzstelle erzielt werden. Es ist auf diese Weise möglich, einen ziemlich breiten Wellenbereich gleichmäßig zu verstärken, ohne daß dabei eine Abstimmung der Kopplungsglieder notwendig wäre. Durch Hinzufügung einer Rückkopplung kann natürlich die Gesamtverstärkung noch gesteigert werden.

Bevor nach diesen theoretischen Erörterungen, die jedoch für das Verständnis unbedingt notwendig sind, mit der näheren Baubeschreibung begonnen wird, sind noch einige allgemeine Worte am Platze. Die wichtige Rolle, die bei dieser Schaltung den inneren Röhren- und Schaltungskapazitäten für die richtige Dimensionierung zukommt, gibt die Erklärung dafür, daß ein schematisches Nachbauen an Hand der gemachten Angaben in den wenigsten Fällen zu sich die von den einzelnen Stufen verstärkten Gebiete teilweise überlappen, so daß eine breite gleichmäßige Verstärkungskurve zustande kommt.

Die Schaltung ist aus Abb. 2 ersichtlich. Auf eine Rückkopplung ist nicht verzichtet worden, und zwar ist vom Anodenkreis der zweiten Röhre auf den Eingangskreis induktiv rückgekoppelt.

Sehr wichtig für einwandfreies Arbeiten des Empfängers sind die zur Kopplung benutzten Drosselspulen. Um die Eigenkapazität möglichst klein zu halten, ist ihr Durchmesser ziemlich klein gehalten; er beträgt etwa 15 mm. Der Körper besteht aus mehreren Lagen mit Paraffin getränkten Zeichenpapiers. Die Länge jeder Drossel beträgt 120 mm; hiervon sind 80 mm mit Kupferdraht von 0,05 mm Durchmesser, der Rest mit Widerstandsdraht von 0,1 mm Durchmesser in einer Lage, Windung dicht an Windung bewickelt.

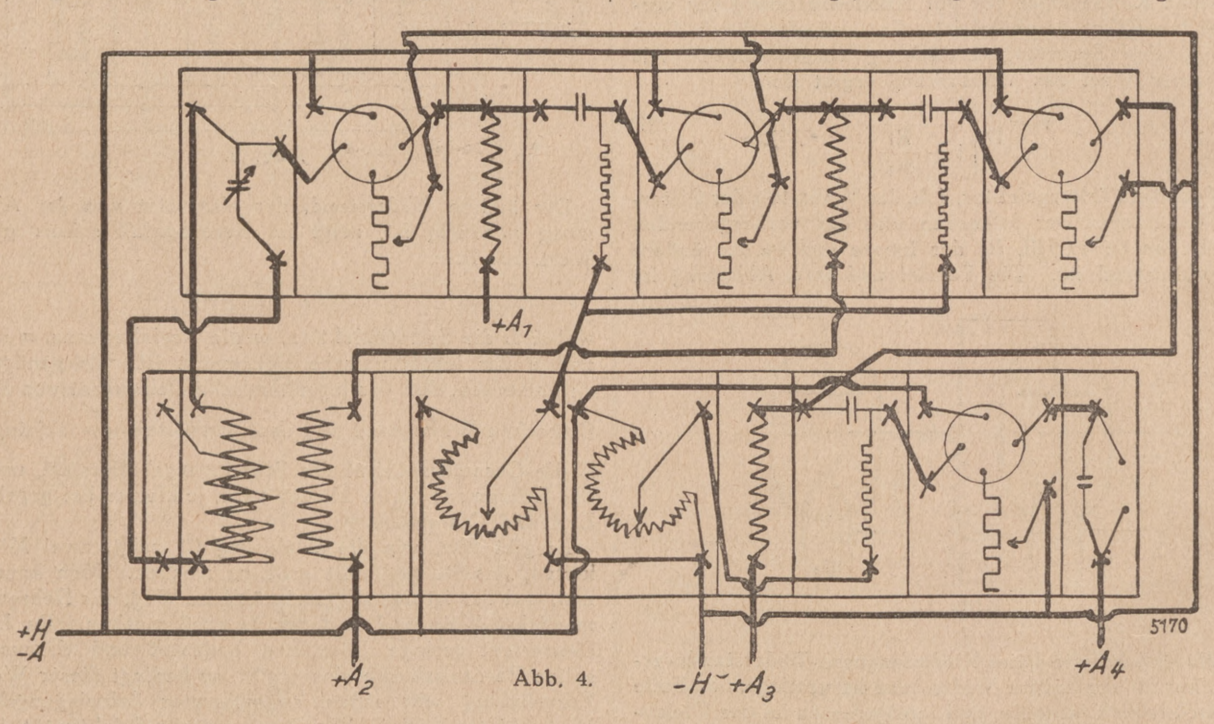


Abb. 4.

dem gewünschten Erfolge führen wird. Hinzu kommt, daß die Wirkung der Rückkopplung noch eines eingehenden Studiums bedarf.

Die vorliegende Schaltung soll also vielmehr dem fortgeschrittenen Bastler die Anregung geben, sich mit ihr näher zu befassen, als eine der üblichen Bauanleitungen sein. Andererseits ist sie so interessant und gibt so viele Anregungen, daß ein näheres Eingehen belohnt wird; im besonderen eröffnet sich hier der Verwendung von Doppelgitterröhren ein neues Anwendungsgebiet. Über derartige Versuche, die augenblicklich im Gange sind, wird später berichtet werden.

Die hier verwendeten Röhren sind Eingitterröhren. Die theoretischen Überlegungen weisen auf die Notwendigkeit eines möglichst kleinen Durchgriffs hin. Dabei ist jedoch zu beachten, daß mit kleiner werdendem Durchgriff auch der innere Widerstand wächst, da beide mit der Steilheit S durch die Beziehung $R_i = \frac{1}{S\ D}$ verknüpft sind. Damit wird jedoch die Erfüllung der Bedingung $\mathfrak{R}_a > R_i$ immer schwieriger. Man wird also einen Vergleich schließen müssen.

Bei dem für diese Beschreibung gebauten Empfänger wurden für die Hochfrequenzverstärkerstufen R E 144 und als Audion R E 064 verwendet. Die Zahl der verwendeten Röhren betrug vier (3 Hf. + Aud). Diese Zahl wurde einmal gewählt, um eine genügende Verstärkung zu erzielen und andererseits, um einen genügenden Wellenlängenbereich zu beherrschen; dabei wurde die Anordnung so getroffen, daß

Diese Angaben gelten für die ersten beiden Drosseln; für die vor dem Audion liegende Drossel muß die Windungszahl größer gewählt werden, und zwar beträgt hierbei die Spulenlänge 140 mm, der Durchmesser ist derselbe wie vorher. Diese Angaben sind in jedem Falle nur ungefähr gültig, es muß, um größtmögliche Verstärkung zu erhalten, die Windungszahl von Fall zu Fall ausprobiert werden.

Die Feststellung der günstigsten Windungszahl geschieht am besten wie folgt: zunächst ist dabei ein Wellenmesser erforderlich, dessen Wellenlänge im Bereich von etwa 200 bis 600 m verändert werden kann. Am bequemsten verwendet man einen Wellenmesser, der im Telephon einen hörbaren Ton liefert, man kann also entweder einen Summerwellenmesser oder einen kleinen Röhrensender in einfacher Audionschaltung benutzen. Da ein gewöhnliches Audion unhörbare ungedämpfte Schwingungen liefert, muß man in diesem Falle den Anodenstrom mit Hilfe eines kleinen Summers und eines Transformators modulieren, was am einfachsten nach der in Abb. 3 angegebenen Schaltung geschieht. Es wird nun die letzte Hochfrequenzröhre und das Audion zusammengeschaltet und mit Hilfe einer Spule von sehr wenigen (etwa 5) Windungen im Gitterkreis der letzten Hochfrequenzröhre sehr lose mit dem Wellenmesser gekoppelt. Verändert man nun die ausgesandte Wellenlänge, so kann man in einem im Anodenkreis des Audions befindlichen Telephon den verstärkten Wellenbereich und die Gleichmäßigkeit der Verstärkung in diesem Bereich feststellen. Durch Zu- bzw. Abwickeln kann die Abstim-

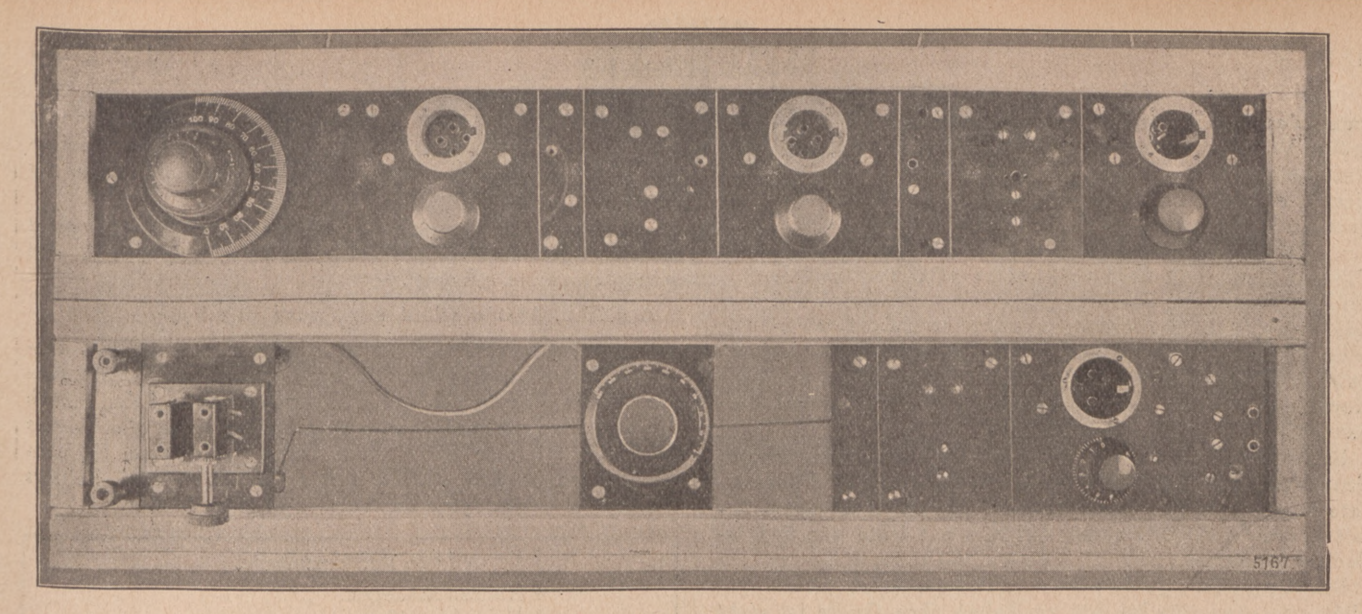


Abb. 5.

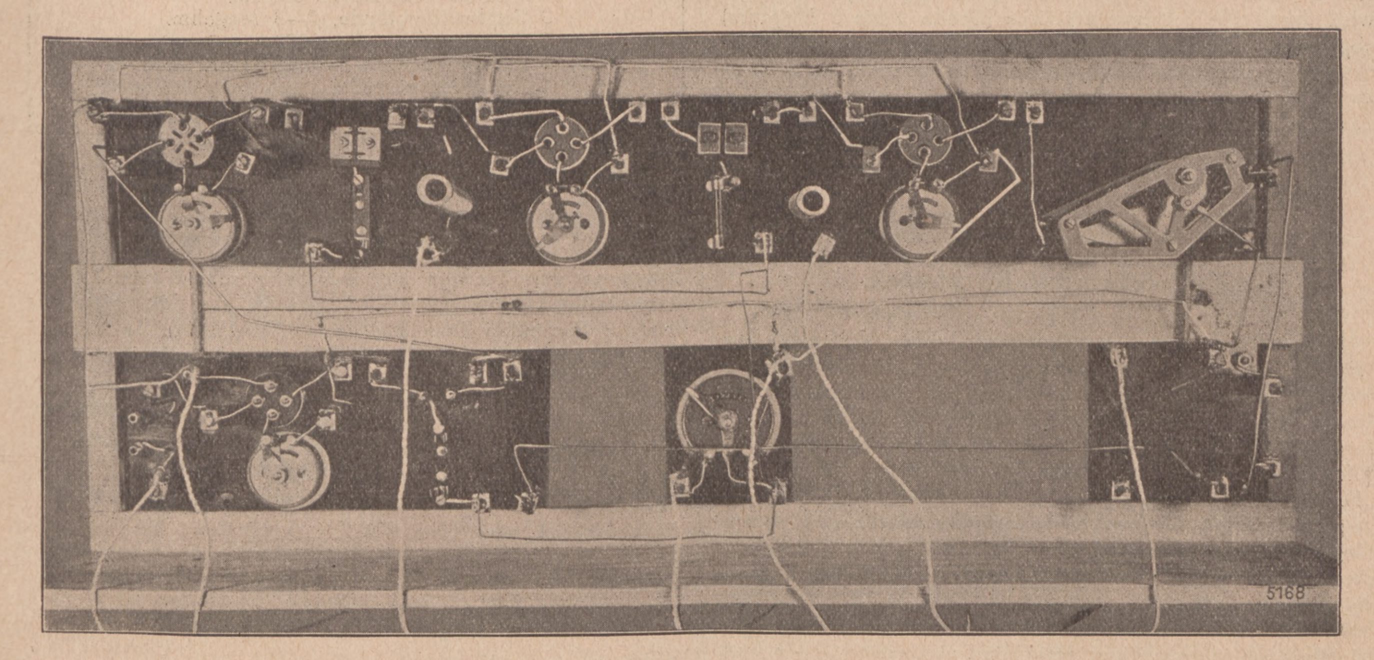


Abb. 6.

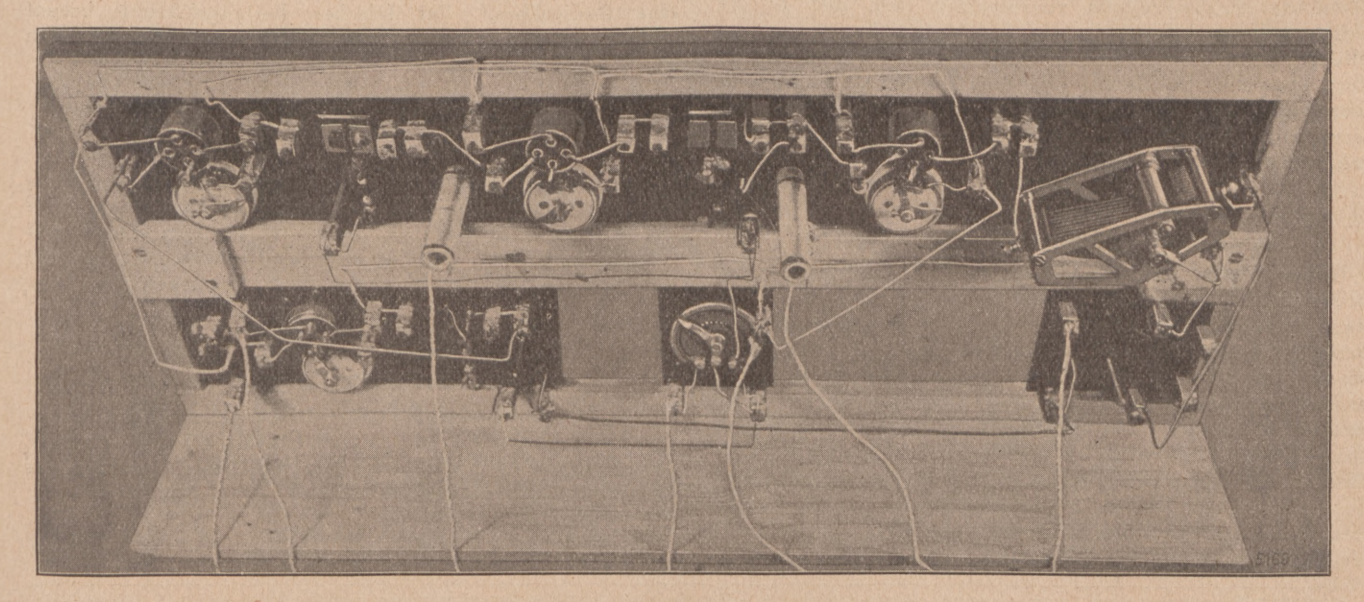


Abb. 7.

mung des Kopplungsgliedes so verändert werden, daß die größte Verstärkung in dem gewünschten Wellenbereich liegt. Nachdem man auf diese Weise die letzten beiden Stufen richtig eingestellt hat, nimmt man eine weitere Hochfrequenzstufe hinzu und stellt sie auf die gleiche Weise richtig ein. Dasselbe geschieht schließlich mit der ersten Stufe. Die Rückkopplung wird am besten erst nach der letzten Prüfung eingebaut, damit nicht durch unerwünschte Selektivitäten die Einregulierung unnötig erschwert wird. Die Windungszahl der Rückkopplungsspule muß möglichst klein gewählt werden (etwa 100 Windungen). Man kann dann die Kopplung ziemlich fest machen und erhält eine fein veränderliche Dämpfungsverminderung.

Im Gitterkreis der ersten Röhre liegt ein abstimmbarer Schwingungskreis, bestehend aus einem 500 cm-Drehkondensator und einer Spule von etwa 50 bis 60 Windungen, der mit der nicht abgestimmten Antenne mit Hilfe von 5 Windungen gekoppelt ist.

Die Kopplungskondensatoren sollen eine Kapazität von etwa 400 bis 500 cm haben, ihre Größe ist nicht sehr kritisch. Die negative Ladung der abgeriegelten Gitter wird durch die Gitterwiderstände (Größe 2 bis 3 Megohm) abgeleitet. Die Enden dieser Widerstände sind an Potentiometer geführt, und zwar verwendet man mindestens ihrer zwei, das eine für die Hochfrequenzstufen, das andere für das Audion. Dabei ist vorausgesetzt, daß die drei ersten Röhren und auch die Ableitewiderstände untereinander gleich sind. Das Telephon im Anodenkreis des Audions wird, wie gewöhnlich, durch einen 2000 cm-Kondensator für die Hochfrequenz überbrückt.

Die Abb. 5, 6, 7 zeigen den mit dem Experimentiergerät zusammengebauten Empfänger von vorn, von hinten und schräg von oben gesehen.

Aus Abb. 4 ist die Leitungsführung zu erkennen.

Der Empfänger liefert unter gleichen Bedingungen dieselben Ergebnisse wie das früher beschriebene Dreiröhrengerät[1]). Infolge der fehlenden Abstimmgriffe ist dabei jedoch die Handhabung einfacher. Ein Mangel ist die schlechte Selektivität infolge der Verwendung des einfachen Schwingungskreises. Die Mittel zur Behebung dieses Fehlers werden in einem späteren Aufsatz angegeben werden.

Liste der Einzelteile.

4 Röhrenfassungen.
4 Heizwiderstände.
3 Blockkondensatoren 500 cm.
3 Gitterwiderstände, 2—3 Megohm.
1 Blockkondensator, 2000 cm.
1 Lur-Frequenzdrehkondensator.
1 Kopplungsvorrichtung.
2 Potentiometer, 1000 Ohm.

BRIEFE AN DEN „FUNK-BASTLER"

Unbeantwortete Rückfragen.

Berlin, 10. Februar.

In der Regel erhält der Verfasser eines Aufsatzes im „Funk-Bastler" mehrere schriftliche Anfragen über irgendwelche Einzelheiten. Obwohl die ausführliche Beantwortung einiger Briefe einen ziemlich großen Aufwand an Zeit erfordert, habe ich bisher stets gern Auskunft gegeben.

In der Antwort einer Anfrage über den von mir im „Funk", Jahr 1926, Heft 22, beschriebenen Dreiröhren-Superhet stellte ich aus besonderem Interesse zwei kurze Gegenfragen. Mein Brief blieb unbeantwortet, ebenso ein zweiter, in dem ich mich sogar bereit erklärte, dem Adressaten meinen Apparat vorzuführen. Das zweite Schreiben hatte ich in erster Linie deswegen abgesandt, um festzustellen, ob vielleicht der erste Brief verlorengegangen war.

Da auch jetzt eine Antwort ausblieb, andererseits der Stand des Briefschreibers voraussetzen ließ, daß er die üblichen Umgangsformen unter Gebildeten kennt, so erblicke ich in der Nichtbeantwortung eine Rücksichtslosigkeit, über die ich hiermit öffentlich quittiere. In Zukunft werde ich jedenfalls nur noch auf diejenigen Briefe antworten, in denen sich der Schreiber ausdrücklich bereit erklärt, auch auf Fragen von meiner Seite zu antworten.

Studienrat E. Scheiffler.

*

Keine durchgebrannten Röhren mehr!

Immer wieder hört man, daß beim Ausprobieren einer neuen Schaltung eine Röhre ihr Leben gelassen hat. Wie kann man sich dagegen schützen? Jeder Bastler wird doch bestimmt eine durchgebrannte Röhre besitzen, wenn nicht, so wird der Händler gerne eine abgeben. Von dieser Röhre entfernt man den Sockel, dann biegt man zwei Kupferdrähte nach Abb. 1 und 2. Die Schlaufe des Drahtes (Abb. 1) muß so groß sein, daß man bequem eine Taschenlampenbirne einschrauben kann, auf Abb. 2 ruht der Gegenkontakt von der Birne. Diese beiden Drähte versenkt man in die beiden Heizanschlüsse des Röhrensockels, siehe Abb. 3, oder führt sie von oben durch den Sockel hindurch und lötet sie von außen an den Stecker für den Heizanschluß fest. Diese hergestellte Proberöhre steckt man in die Fassungen der auszuprobierenden Schaltung. Beim Anschalten der Heizung muß dann die Sicherheitsröhre genau so aufbrennen wie

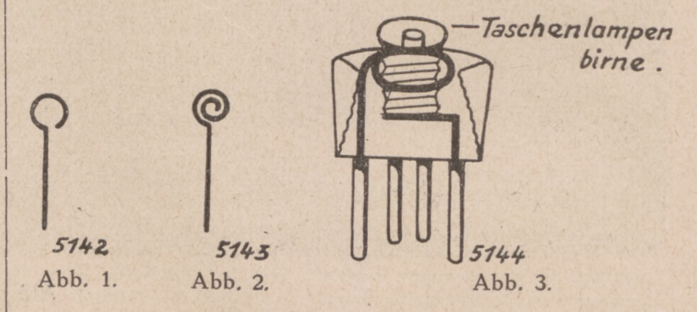


Abb. 1. Abb. 2. Abb. 3.

eine Radioröhre. Bei falscher Leitungsführung brennt natürlich die Taschenlampenbirne durch und der Schaden ist 35 Pf.

*

Wie beseitigt man Motorstörungen?

Trautenau, im Februar.

Wie beseitigt man sicher und auf einfache Art die Störgeräusche eines Gleichstrommotors beim Rundfunkempfang? Die Anlage eines Gegengewichtes hat insofern eine Besserung herbeigeführt, daß für eine Wellenlänge der Empfang rein war, jedoch blieben die anderen Stationen ganz aus.

*

Lautsprecher-Antriebssysteme.

Grüze-Winterthur, Anfang Februar.

Wer fabriziert oder liefert Antriebssysteme für trichterlose Lautsprecher? Gemeint sind Großflächen-Lautsprecher, zu denen ein möglichst kräftiges, am besten mehrpoliges Antriebssystem erforderlich ist. *H. Klingnauer.*

[1]) Vgl. Heft 6 des „Funk", Jahr 1927: „Ein Dreiröhrengerät in Leithäuser-Schaltung" von Dr. W. Heinze.

Verantwortl. Hauptschriftleiter: Ludwig Kapeller, Berlin-Schöneberg. — Druck: Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68.
Zuschriften an die Schriftleitung (Manuskripte, Anfragen usw.) nur nach Berlin SW 68, Kochstr. 4. Fernruf: Hasenheide 2495.
Verlag: Weidmannsche Buchhandlung, Berlin SW 68, Zimmerstr. 94. Postscheckkonto: Berlin 883 78, Sonderkonto „Funk".